

**NETWORK COMPRISING AN INTERCONNECTING NETWORK  
AND SEVERAL NETWORK NODES THAT ARE COUPLED TO SAID  
INTERCONNECTING NETWORK**

DESCRIPTION network with a connecting network and several nodes the invention coupled with the connecting network refers to a network with a connecting network and several nodes coupled with the connecting network, which < before the installation in; RTI ID=0.0> dung as. active node for the adjustment of their local Kommunikationszeit < in each case; /RTI> plan to the communication schedules at least another node is intended.

Such a network is applicable and can for example in automotive technology from the magazine " electronics ", No. 14,1999, pages 36 to 43 (Dr.

Stefan Polenda, George Kroiss: ?TTP: ?Drive by Wire " in < RTI ID=0.0> greifbarer< /RTI> Proximity ") to be taken, with which TTP minutes (TTP = time Triggered Protocol) are used. This minutes make a safe data communication possible and can therefore also in networks for safety-relevant apparatuses < RTI ID=0.0> (z.< /RTI> B. Brakes) to be used.

The invention is the basis the task to create a network with a connecting network and several nodes coupled with the connecting network which make a synchronisation possible of the nodes after the start of the network.

The task is solved by a network of the kind initially specified with the following features: The network contains a connecting network and several with the connecting network coupled node, which is intended before the integration as active nodes for the adjustment of their local communication schedule to the communication schedules at least another nodes in each case, whereby a node to the testing of activity of other nodes and with statement of no activity than reference node solid position message for others, given which can be merged, for transmission in its communication schedule

< Desc/Cls PAGE NUMBER 2>

Node is intended and a node for integration as active nodes after receipt from position messages to the adjustment of its local communication schedule to that of the reference node and with termination of a positive testing for agreement of its own communication schedule with the communication schedules at least a part of the active nodes is intended.

The invention refers to a network, which guarantees a errortolerant synchronisation of the nodes coupled over a connecting network after a start or a raising of the network. The

connecting network can exhibit any network topology and pass from the nodes coming or to the nodes going messages on without or with signal reinforcement. As network topology a distributed, synchronous data bus, a star coupler etc. comes in consideration.

In the nodes of the network a common communication schedule must be developed. Arises according to invention dynamically at run-time, which tries nodes to give the communication schedule for all other nodes.

Synchronisation of the local communication schedules can too < on a static certain, particularly excellent node, always and as only the global communication schedule gives over thereby the initials; RTI ID=0.0> make possible, < /RTI> are done without.

The communication schedule represents a temporal operational sequence for the data exchange, which describes exactly, when which node determined data to the other nodes and the connecting network passes on. This was specified in its temporal development not during the enterprise but already before is.

Entire data exchange between the nodes is in this time frames embedded.

By position message, which each node to a certain, of its respective local communication plan sends given time, is made possible the synchronisation. The node, which no position messages

< Desc/Cims PAGE NUMBER 3>

from other nodes, becomes the reference node for the one which can be merged later receives and/or. nodes which can be synchronized. The other nodes try in each case to adapt then their local communication plan to that of the reference node. If a node received the position messages of the reference node and adapted with its local communication schedule to that of the reference node, a test phase is attached according to invention.

In this test phase it is determined whether the adjustment met before is correct and only with a positive result as active node merged, which sends its own position message.

It is guaranteed by the invention that the nodes establish a common communication plan. Can be done without a static certain, particularly excellent node, which always and as only the global communication schedule gives over thereby the initial at the beginning of the local communication schedules made possible. The node, which tries, the communication schedule for all nodes to give results dynamically at run-time.

It is prevented that a node its communication schedule with an individual node synchronized operating incorrectly compared with the other active nodes. A merging node selects itself the first node as reference nodes, from which a message will receive, with whose aid the current position in the communication schedule is assignable. Only after the adaptation of the own communication schedule the own view established then is

compared against all different one, available node. Only, if that the local communication schedule of the node agrees with the global communication schedule, can this is assignable in communication participate actively and into the synchronized normal operation change. There in the first step only the information of a node, D. h. the reference node, to be evaluated, and not all available knots for the initial at the beginning of the local communication schedule be consulted, can the method at little expenditure, operated in the network, must be realized.

Measures for error-tolerant evaluation do not have in this phase yet

< Desc/Clms PAGE NUMBER 4>

are used. However the error tolerance for the total procedure is guaranteed by the locking test phase.

A node is at least a part of the active nodes intended for the counting of the agreements and the deviations with the testing for agreement of its own communication schedule with the communication schedules.

This is merged only active node, if the number of the agreements is larger than the number of the deviations or no deviation is present.

Furthermore the node for the testing for agreement of its own communication schedule with the communication schedules is at least a part of the active nodes intended to the use of one time interval, in which at least once all position messages of the others are sent at communication node taken part.

After detection of no activity a node which can be merged is intended to the testing whether a further node would like itself to merge than reference nodes. Here one can < RTI ID=0.0> Kollisionsnachricht< /RTI> are used. For a situation, in at least two nodes parallel it tries communication for the first time to start, is necessary no Kollisionserkennung since the network according to invention guarantees that after a dissolution phase only one node remains as active knots at the network. Here a node is first for sending its own position message, for the counting of arriving position messages and only then for integration as reference node is intended, if the number of the correctly received position messages is larger than the number of the correctly not received position messages or all position messages will correctly receive.

The invention refers also to a node in a network with a connecting network and several further nodes coupled with the connecting network and to a method for the integration of a node than active node in a network with a connecting network and several further nodes coupled with the connecting network.

< Desc/Clms PAGE NUMBER 5>

Embodiments of the invention become following on the basis the Fig. more near describes. Show: Fig. < RTI ID=0.0> 1< /RTI> a network with several nodes and a connecting

Network, Fig. 2 and 6 two flow charts and Fig applicable in a node. 3 to 5 different Zeitdiagramme for the explanation of the invention would in accordance with-eat network.

An embodiment of the network according to invention is in Fig. < RTI ID=0.0> 1< /RTI> represented.

This network contains for example four nodes 1 to 4, which are coupled with a connecting network 5 in each case. The connecting network 5 represents any crosslinking of the attached nodes 1 to 4. Over this connecting network exchange 5 the attached nodes 1 to 4 messages in the form that from all attached nodes will receive the message of a sending node can. The connecting network 5 can exhibit any network topology and pass the messages on without (passive) or with (actively) signal reinforcement. < RTI ID=0.0> Connection Netzwerk< /RTI> as active star couplers is for example well-known from EP 1,179,921 a2. The realigning transmission can be made thereby by different transmitting media (wire-bound electrical, optical transmission or wireless transmission for example one radio or Infrarot-Übertragung). The connecting network can cover also more than one channel for communication, D. h., z. B. exist as redundantly laid out connecting network with two or more communication channels.

Each node 1 to 4 covers at least not represented communication interface, which guarantees the replacement of messages by the connecting network 5, and likewise not represented Steuer-und processing unit, which can configure and head for the communication interface. The tax and processing unit determine, when the associated node at that

< Desc/Cls PAGE NUMBER 6>

Communication over the connecting network 5 to participate may do (release), and which data with the help of the messages will transfer and/or. as the received meanings (utilizable data) to be processed are.

For many Kontroll-und applications of automations, which exchange 5 application data over such a connecting network, it must be ensured that these application data with a fixed, temporal predictableness each node < RTI ID=0.0> (1< /RTI> to 4) and/or. Participants are available. Under this ahead setting application data cause, only in connection with their temporal occurrence and/or. the sequence, in which they must be processed with other data, specified System-bzw. Application function.

The requirement for the predictable occurrence of messages in a network is fulfilled for example by so-called " time-controlled communication " or by " time-controlled minutes ". Time-controlled minutes are based on a communication schedule, which in its temporal development not while the enterprise but was already before specified. Entire data

exchange between the node 1 to 4 is in this time frames embedded. A temporal operational sequence for the data exchange (communication schedule) develops, which describes exactly, when which node certain data < to the other nodes; RTI ID=0.0> (1< /RTI> until 4) and the connecting network 5 passes on. The communication schedule can contain also a reserved section, in which < RTI ID=0.0> Nachrichtenabfolge< /RTI> one determines dynamically, at run-time. For the further view such a section is however not relevant within the communication schedule and only than reserved range is treated.

In order to realize this communication schedule, a strict predictableness must be guaranteed also for the access on the communication medium (connecting network). Frequently for it the TDMA method (Time division multiple ACCESS) is used. The conflict-free access on a common < RTI ID=0.0> Kommunikationsmedium< /RTI> by the fact it is regulated that a node receives the exclusive broadcasting right only for a short section, which is called realigning plumb bob or message time slot within a temporal interval. With one

< Desc/Clms PAGE NUMBER 7>

static dispatching of the transmission authorization covers the total interval, which is called communication cycle, the message time slots for all nodes and repeats themselves then periodically. Communication protocols here also permit that a node gets several message time slots within a communication cycle assigned.

Into TDMA based communication system (network) each node needs common time information co-ordinated among all participants, which can be distributed for example by a central node (time server) to all other nodes. For safety-relevant and < RTI ID=0.0> fehlertolerante< /RTI> Systems (z. B. electronic brake system in the motor vehicle) is however a central node unsuitable, since a loss brings entire communication to this component to succumbing. Time-controlled minutes, like z. < RTI ID=0.0> B.< /RTI> the TTP method (time Triggered Protocol) define for the individual nodes in each case a local time, which become synchronized with other system part takers a global agreement.

In addition one becomes in the system Granularität which can be used uniformly and/or for the global time. Dissolution fixed. It must be guaranteed that all nodes, related to the fixed dissolution, a uniform view of the global time to have. In the synchronized normal operation each node determines the deviations of the local clock from the local time of the other nodes present in the node during a measuring phase. After receipt of a synchronisation message the respective appropriate receipt time with from the local clock the derived is < RTI ID=0.0> Erwartungszeitpunkt< /RTI> compared. By the evaluation of all available deviations to the others, in each case by their synchronisation messages, each node of correction terms can determine represented node. Hereby the frequency of the Uhrentaktes of the local clock can do temporarily or durably adapted and also still additionally one over the measuring phase < RTI ID=0.0> aufsummierte< /RTI> Offset of the phase positions between the local communication schedules of the respective nodes in a correction phase become balanced. The situation of the measuring phase as well as the correction phase, which can overlap itself, must be in all knots synchronized.

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 8>

The processing of the communication schedule of a node is based on its local Uhrentakt. The length of a local communication cycle depends thus on the local Uhrentakt. Over the global clock synchronisation in the synchronized normal operation the local communication cycles in a global agreement are held.

With all < RTI ID=0.0> Kommunikationssystemen< /RTI> (Networks), whose medium access procedure presupposes the synchronization of the nodes involved, must suitable methods guarantee that the nodes change after their activation from the unsynchronisierten condition into the synchronized condition. In the synchronized condition the communication schedules, so that each active node can use its reserved message time slots and one of this sent message also with all other nodes in resemble, for this transmission, administered locally in the nodes, cover themselves for reserved message time slot fall.

In the node 1 to 4 of the network a common communication schedule must be developed. Arises according to invention dynamically at run-time, which tries nodes to give the communication schedule for all other nodes.

With the help of in Fig. 2 of represented flow chart the synchronisation of all nodes is shown on a global communication schedule.

Before the release by a superordinate, more near not represented control unit all necessary adjustments for the participation in communication are made by the control unit at the nodes. Each node knows thereby the global communication schedule and the own message time slots which can be used for the transmission from messages to within this communication schedule.

A node was released by the superordinate control unit (circle 6 in Fig. ), the node must decide 2, which function it transfers in the network. A node has two possibilities for the transition to that

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 9>

synchronized normal operation. Either the node goes through a first path in the flow chart with the blocks 8 to < RTI ID=0.0> 10, < /RTI> in the this at least another, actively position messages of dispatching node synchronized, or a second path with the blocks 11 to 16, in it communication actively tries to begin its local communication schedule to that. It is mentioned that in the synchronized condition of the network all nodes or only certain nodes (defined subset of nodes) send at least one position message per communication cycle. The position messages are regular part of the global communication schedule.

The decision, for which path a node decides, in a superordinate broken in Fig. 2 drawn in block 17 met. The phase represented by block 17 treats a network observation and the selection of the first or second path. To the release by the superordinate control unit a node begins to send not immediately, but waits for a given observation time interval whether it receives any message. This shows < RTI ID=0.0> Inquiry block 18 symbolically by the inquiry " passive? ". No activity finds im< /RTI> Network instead of and determined, examines the node thereby a dwell phase it < RTI ID=0.0> whether it can become active. This is in inquiry block 19 by active? ?argestellt.< /RTI>

This question affirmed goes the node into the path 2 to block 11. As long as such observation time interval without any network activity was not observed, by the inquiry block 19 the node is referred back again to the block 18. The observation time interval must be so largely selected that < RTI ID=0.0> unsynchronisierter< /RTI> Node in the error free case another node, which produces transmission activity in accordance with the communication schedule, when already active node notices.

Each activity in the network, which will receive from a node, leads to the fact that the observation time interval is again started. Messages, which cannot be consulted for the integration of the node, lead thus just as to a restart < RTI ID=0.0> Observation Zeitintervalls< /RTI> as disturbances, which overcame a possible noise filter in the receipt path of the node.

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 10>

Within this observation time interval however if a position message is received, then the node at the inquiry block 18 to a block 20 branches out.

The receipt of a position message makes possible to adapt it to the node the phase position of its local communication schedule to the global communication schedule of the node (reference node), by which the position message was sent.

The global communication schedule defines itself by the fact that all active nodes set their message off in accordance with their local communication schedule.

If these nodes are all synchronized, global communication schedule is to be observed in the network more uniformly.

By the receipt of a position message of a reference node a node, which processes so far still no synchronized communication schedule and therefore also yet actively in the transmission happening does not participate, can derive the phase position of the global communication schedule. Since it receives only information about the phase position of the local communication schedule of the selected reference node, then this applies then only if the local communication schedule of the reference node agrees with the global communication schedule.

One assumes first this acceptance (reference node gives global communication schedule forwards) is valid and only examined in a later phase, however still before the entrance into the synchronized normal operation (before the node may participate actively in the communication happening) this acceptance and if necessary revised the decision.

From the position message the associated network knot is determined and stored as reference node (< in block 20; RTI ID=0.0> by " BestRef " suggested). < /RTI> Only if a position message for a node is in the communication schedule permissible, then can be done without the identification of the reference node and the position information, z. B. the number of the message time slot, for clear reference identification to be stored. This information is then

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 11>

equivalently to the knowledge over the associated network knots and a clear identification makes possible for the position information coming from this node for the synchronisation of the communication schedules.

In that the block 20 the following inquiry block 21, which is just like the blocks 18 to 20 a component of the block 17, it is determined whether the selected reference node may be used as reference for the adjustment of the phase position of the own, local communication schedule to that of the reference node < RTI ID=0.0> (represented by " Ref? "). This inquiry is however successfully passed, since for den< /RTI> first integration attempt (entrance into the first path) still no restrictions concerning. the permissible reference nodes exist. These restrictions result only from the fact that for the case of a missed integration, D. h., which leaving the first path and the reentry into the block 17, which may not be used associated reference nodes directly again for a further integration attempt.

With the entrance into the first path it is possible for the node, the phase position of its own to determine local communication schedule. On the basis the Fig. 3 this can be clarified. There is here the time processes of two nodes c1 and K2 and in the network N1 visible position messages (P3, < RTI ID=0.0> P5) < /RTI> represented.

The node c1 was selected thereby of node K2 as reference node. A communication cycle KS enclosure in accordance with the communication schedule of 5 message time slots NZ and is in Fig. 3 in each case by longer senkrechte lines indicated. The individual message time slots within a communication cycle are symbolized by shorter senkrechte of lines. The node K1 occupies the third message time slot with its position message P3. Active sending of this position message P3 is represented by a rectangle with a pulled through line. The node < RTI ID=0.0> K2 belegt< /RTI> with its position message P5 the fifth message time slot. Further nodes, which occupy the remaining message time slots in the communication schedule, are not here represented for simplification.

The information about the fact that the position message of the node c1 in third



< Desc/Clms PAGE NUMBER 12>

Message time slot was sent, is to the position message to be taken.

Thus the node is K2 after the receipt of the position message P3 in a the position to determine the phase position of the communication schedule of the node K1 and to adapt the situation of its own communication schedule to it. This is < in the flow chart; RTI ID=0.0> by " AnglPh " in< /RTI> Block 8 indicated. With a static length of the message time slots and the knowledge of the current message time slot, the node K2 can compute the current position within the communication cycle. Thus the phase position of the communication schedule is well-known in the node K2. In Fig. 3 is this time by the event EGG characterized. The node K2 knows those after the receipt of the position message P3 and a computation phase, in the flow chart in Fig. 2 in block 8, the current position is accomplished within the communication cycle. The phase position of its local communication schedule adapted then the node K2 accurately. The rectangle with the broken line in Fig. the situation of the position message of the synchronized node symbolizes 3 after K2 < RTI ID=0.0> Phase " AnglPh ". < /RTI>

However this message is not sent actively yet. In Fig. 3 therefore this message P5 is not at this time also not yet visible on the network EVER.

At expiration of the current communication cycle the node K2 changes those into the phase "Plau ", into Fig. 2 by block 9 one represents. In this phase it is verified whether a successful integration of the node < RTI ID=0.0> K2< /RTI> into the network < RTI ID=0.0> N1< /RTI> took place. The node K2 knows messages, which it < then after the initials synchronisation in; RTI ID=0.0> Test phase " Plau " receives, < /RTI> evaluate on the basis the own communication schedule. On the basis the arriving position messages the node examines K2 whether its understanding is correct over the current position of the network knot in the communication cycle. The test time interval PZ for this used, which a node K2 uses to the testing of the own view in relation to the view of the other nodes derived from the received position messages, is fixed first. It covers at least one communication cycle, so that all at the time active nodes can be included into the testing. Favourable way is < RTI ID=0.0> Examine Zeitintervall< /RTI> to the communication cycle synchronized, D. h., it begins with at the beginning of a communication cycle. Then pull themselves all nodes, the straight in the test phase

< Desc/Clms PAGE NUMBER 13>

the first path stop, in addition, nodes, which are straight in that far test phase of the second path described down, which resembles < RTI ID=0.0> Information basis, < /RTI> D. h., the same sentence at nodes, for decision making near.

During the test time interval each node, which communicates the phase position of its local communication schedule by its position message, is arranged in a category. Either the local phase position of the communication schedule in the network knot with that of the integrating node or it covers itself does not agree not. In both felling an appropriate

counter for the agreements is < in each case; RTI ID=0.0> (over) < /RTI> and the deviations < RTI ID=0.0> (rab) < /RTI> incremented. With beginning < RTI ID=0.0> Examine Zeitintervalls< /RTI> these counters with 0 are initialized and < at the end; RTI ID=0.0> Examine Zeitintervalls< /RTI> evaluated. Within the test time interval each node is only once considered.

After end < RTI ID=0.0> Examine Zeitintervalls< /RTI> PZ (block 9) is examined in block 10 whether a successful synchronisation of the node which can be merged took place. < RTI ID=0.0> becomes by " Sync? " indicated. For this different rules can angewendet< /RTI> become.

A first rule can indicate the fact that a node is not synchronized if at the end < RTI ID=0.0> Examine Zeitintervalls< /RTI> the counter value Zab than zero is larger. In this case there is at least an active node in the network, whose local communication schedule is not with the searching node (and thus also not with the communication schedule processed by the reference node) the synchronized. If the counter value is Zab equal to zero, then must for passing the inquiry block 10 < RTI ID=0.0> Zählene, vert Z über< /RTI> more largely or directly one its, since otherwise the reference node is no longer active and likewise points this on an error. If a node is in such a way configures the fact that it does not dispatch a position message in accordance with the communication schedule then must amount to over even at least two, since such a node is not able, a node in the second path, which tries straight alone to start communication into the synchronized normal operation to transfer. Since a node in the second path recognizes only by position messages that one

< Desc/Clms PAGE NUMBER 14>

Communication between at least two nodes was developed, can be only integrated a node, which did not dispatch a position message, into existing communication between at least two nodes, which dispatch position messages.

A second rule can permit that a node is synchronized, even if incorrect nodes are present. The availability of communication is then an optimization criterion, with which for passing the inquiry block 10 the counter value Zab may not exceed a fixed value, the counter value < RTI ID=0.0> Züber< /RTI> a fixed value not to fall below or however a majority at agreements may do < RTI ID=0.0> (Z~über< /RTI> > < RTI ID=0.0> Zab) < /RTI> is necessary. The majority decision is favourable, since it permits a clear statement independently of the number of active nodes consulted for decision making. With fixed limit values for the counter values Zab or < RTI ID=0.0> Z über< /RTI> otherwise also the relationship to the number of altogether consulted nodes must be considered with the evaluation. It applies also here that for a node, which does not dispatch an own position message in accordance with the communication schedule it < RTI ID=0.0> Z über< /RTI> at least two amounted to must.

One < RTI ID=0.0> Test phase " Plau " nach< /RTI> Use of one of the two rules indicated above successfully in the inquiry block 10 finally, then can the node in the

synchronized < RTI ID=0.0> Normalbetrieb< /RTI> turn into. Thus the node attains also the transmission authorization in accordance with the communication schedule.

In Fig. the test phase PZ is drawn 3 in, which amounts to exactly the length of a communication cycle. Since the reference node K1 in this phase can be only evaluated by the node K2, and this the phase position of the local communication schedule in the node < RTI ID=0.0> K2< /RTI> gave (node K1 is the reference node for K2) is successful the testing in this example natural (counter value < RTI ID=0.0> over =1). < /RTI> With beginning of the next communication cycle the node K2 can participate actively in communication (represented by circle 22 in Fig. 2), D. h., it is in the synchronized normal operation. In Fig. 3

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 15>

this is recognizable from the fact that the position message P5 is sent actively by the node K2 (rectangle with pulled through line) and therefore on the network N 1 appears.

If a node in the inquiry block places to 10 solid that the condition is not fulfilled, it goes back to block 17 and/or. 18. In this case for the node again over the inquiry blocks the decision lines up 18 and 19 whether it occurs the first or second path. Contrary to the case, in which the node occurs directly after the release by the superordinate control unit block 17, now the integration, led by a certain reference node, failed already at least once. This information is evaluated with a decision for a passive integration over the first path in the inquiry block 21. After the receipt of a position message the node can leave the inquiry block 18 to the block 20 within the block 17, since a position message makes a synchronisation possible of the local communication schedule. From the position message in the block 20 the assigned node, which sent this position message, is determined and stored as reference node. By the following inquiry in the inquiry block 21 it must be guaranteed that a node does not try durably and exclusively to synchronize its communication schedule again and again to the communication schedule the same reference nodes. Without such a mechanism it can come otherwise to the following, unwanted situation: An incorrectly behaving node, whose position message makes the entrance possible of other nodes into the first path, but its communication schedule to the global communication schedule, which other, already active nodes follow, not synchronized is, can any integration of further nodes prevent. If this node occupies the first message time slot of a communication cycle, all nodes, which leave the first path over the inquiry block 10 after a missed testing, select directly the same, incorrect node again for the next integration attempt. Without precautions in the suggested mechanism this expiration would repeat itself so long and the integration of further nodes would prevent, like the incorrect

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 16>

Node remains active.

Thus 21 that after a failed integration attempt at least once another active node (the node that as reference nodes for the failed integration attempt was not consulted before) gets the possibility, by a node in the block 17 must be guaranteed as reference nodes to be selected by the inquiry block.

In addition, simultaneous one must be guaranteed that not a brief disturbance (z. B. a transmission disturbance, which prevents the correct receipt of a position message) causes that a node must leave the first path and the current reference nodes durably for further integration attempts excludes.

Because thus the node could not change then into the synchronized normal operation can, even if the impossible nodes after the failed integration attempt behaves error free.

In order to go around these problems, the for example following methods are used: With a first method a node, which occurs from the first path again block 17, stores that < RTI ID=0.0> former, < /RTI> for the entrance into first path reference used nodes old off as Kref. For the durations of a fixed waiting period interval the node Kref is old not accepted as reference node, D. h., if an appropriate position message will receive from this node, remains the node further in block 17. During this waiting period interval if a position message is received, made of which in the block 20 a new reference node Kref can again be determined, whereby Kref is again not old equal Kref, then the node can leave the inquiry block 21 toward first path (block 8).

In order to avoid a constant change between two incorrect nodes, also a solid or coincidental number of position messages, which will receive 17 during the stay in block, can be omitted, before the inquiry block will leave 18 again toward block 20 and a renewed entrance into the first path is possible. At expiration of the waiting period interval without a renewed entrance into the first path, also the reference forbidden up to then may

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 17>

Node Krefalt again as new reference nodes for a further entrance into the first path under the condition to be used that a new position message will old receive Kref from this reference node and in block 20 the appropriate node with Kref = Kref is old determined again. The waiting period interval is again started with each transition of inquiry block 10 into the block 17. The length of the waiting period interval should be suitable-proves to be in such a way selected that the possibility exists that from the quantity of all nodes an active node can be selected as reference nodes.

With a second method a node, which occurs from the first path again block 17, stores just as < RTI ID=0.0> former, < /RTI> for the entrance into first path reference nodes used old off as Kref. For the durations of a fixed waiting period interval the node Kref is old not accepted as reference node, D. h., if an appropriate position message will receive from this node, remains the node further in block 17. During this waiting period interval the node decides on the basis a stored database, which node is consulted as reference

node for a further integration attempt. The inquiry block 21 is thus left toward first path only if in block the 20 determined `< RTI ID=0.0> Reference Netzknoten< /RTI> Kref` is again noted in the database. This database and the associated sequence, in which nodes are used as reference nodes, knows static configurations to be or however dynamically, while are produced for the phase, in some node in the first path stayed. The dynamically produced database must contain then for each position message an entry, which became to receive 8 and 9 during the stay of the node in the blocks.

Also with this second method it is possible that at expiration of the waiting period interval without a renewed entrance into the first path, also the reference node Kref forbidden up to then may be used old again as new reference nodes for a further entrance into the first path under the condition specified above.

With the help of the database algorithms also more complicated can be converted,

`< Desc/Clms PAGE NUMBER 18>`

the one longer monitoring of the past process for the integration of a node permit. For example can all nodes, which were consulted as reference node for a failed integration attempt, as long as remain closed as reference nodes, until all nodes, which are stored in the database, were used once as reference nodes.

Additionally a further waiting period interval can be defined, which is started with the first failure of an integration attempt and at its expiration again all nodes as reference node to be consulted to be able. This causes that again all nodes are available as potential reference nodes, if by the selective procedure for a reference node on the basis the described database no integration could be achieved.

In the following is described, what happens, if a node affirms and the second path occurs the inquiry in the inquiry block 19. Here it tries to then develop actively communication. In a first step the situation must be dissolved that more than one node occurs the second path.

Without sending a collision symbol KO can in Fig. arise to 4 represented situation. The node K2 enters the second path with event E2 and the net knot K1 temporally transferred with event E3 (two message time slots later). The events E2 and E3 are released at expiration of the inquiries in the inquiry blocks 18 and 19 in block 17. Both nodes c1 and K2 start locally its coming university cation cycle and send in accordance with the communication schedule their position messages. The node K1 sends the position message P3 and the node K2 sends at the same time the position message P5. Both messages collide on the network `< RTI ID=0.0> N1< /RTI>` and are to be received therefore for other nodes not correctly. K1 and K2 the collision are not recognizable, like it z for the sending nodes. B. for optical transmitting media the case is, then both nodes will durably try communication to construct. Since the other nodes can receive however no correct position message, on the other side however constant network activity the

entrance of a further node into the second path prevented, becomes durably communication between the nodes of the

< Desc/Clms PAGE NUMBER 19>

Network prevents.

Therefore the second path in the flow chart begins with the indication that first a collision symbol KO is sent (block 11). Subsequently, the communication schedule is periodically processed. The collision symbol KO is not element of the communication schedule. The collision symbol KO can have any development, however it may not concern a valid position message.

From Fig. 5 becomes clear, which has effect the introduction of the collision symbol KO for the dissolution of a situation with more than one node in the second path.

Because each node before the processing of its local communication schedule sends this collision symbol KO, exists a time interval unique in the network between the collision symbol KO and the own position message in accordance with the communication schedule. That means the fact that nodes, which occur at the same time the second path and sends a collision symbol KO, in which following respective communication cycle off in each case at different times their position message set. The position messages of different nodes cannot collide then any longer. It will receive thereby possible for a node a position message, which is before the own position message in the communication schedule and is observable on the network. Thereupon this node leaves the second path and returns again to block 17. It remains only the node in the second path, which sent its position message as the first.

From Fig. 5 it becomes clear that the nodes K1 and K2 occur simultaneous in each case the second path, after at the same time < RTI ID=0.0> Observation Zeitintervalle< /RTI> in the block 17 ran off (event E4 and < RTI ID=0.0> E5). < /RTI> Both the node K1 and the node K2 send their respective collision symbol of cost. Afterwards both nodes with the processing of their local communication schedule start. By the collision symbol KO both nodes are temporally synchronized within the second path. A temporal offset between two nodes in the second path, how

< Desc/Clms PAGE NUMBER 20>

it in Fig. would be possible for 4 represented and in a system without collision symbol KO, can any longer occur. As soon as a node occurs in former times as another node the second path, it prevents the entrance of further nodes into the second path by sending the collision symbol KO, which causes a restart of the observation time interval with the remaining nodes in the block 17.

In accordance with the communication schedule the node K1 sends its position message P3 as the first (see. Fig. < RTI ID=0.0> 5). < /RTI> That is represented in the flow chart

in block 12 by "sending pos". The position message P5 of the node < RTI ID=0.0> K2< /RTI> lies in the communication schedule temporally later. The node K2 does not send however its position message P5 any longer, since it receives the position message P3 von Netzknoten K1 (event E6). The testing, whether another node already sent a position message, becomes in the flow chart of the Fig. 2 in the block 13 represented by "check act". If a node (here node K2) tightened a position message, it leaves the second path and goes from block 13 to the block 17, around a new < RTI ID=0.0> Observation Zeitintervall< /RTI> to start. In Fig. 5 it is further that the node K2 occurs then with the receipt of the next position message P3 the first path (event E7). The inquiry blocks 18 and 21 are passed and selected by the node K2 of the nodes K1 as reference nodes. By the available position information P3 the node K2 can adapt the phase position of its local communication schedule accordingly. In the following the node K2 goes through the test phase "Plau" in block 9, which it successfully locks, since the reference node K1 is consulted as only nodes for the testing, and the phase position of the local communication schedule of the node K2 < confirmed; RTI ID=0.0> ( $K_{\text{over}} = 1, K_{\text{ab}} = 0$ ) becomes.

With beginning of the next communication cycle the node K2 goes into the synchronized normal operation over (event < RTI ID=0.0> E8). < /RTI>

In the phase in block 14 a node sends its position message (block 12, phase "sending pos") in accordance with the communication schedule. In the remaining time, D. ., if the node does not send actively, it examines whether on the connecting network will receive transmission activity of another node can (block 13, phase < RTI ID=0.0> "Check act?"). < /RTI> The node remains for a fixed number of

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 21>

Communication cycles in the phase in < RTI ID=0.0> Block14, < /RTI> the phases "sending pos" and "check act" stand not temporally sequentially one behind the other, but in accordance with are < RTI ID=0.0> Communication schedule durchlaufen.< /RTI>

Also for the testing "check act" to block 13, whether a receipt event arose, which the transition to block 17 causes, can the different decision affecting rules be defined.

For a network, which not reacted to incorrectly acting nodes or disturbed messages or which tolerates occurrence of errors, can the following rule are defined: Each correct position message is rated and caused as receipt event in block 13 the fact that a node thereupon to block 17 returns. Thus it is guaranteed that only one node remains in the second path.

For a network, which incorrectly acting nodes or disturbed message tolerates, D. h. in predictable way to their behavior to react, can the following rule must be defined: Each correct position message, in addition, a collision symbol or a disturbed message (z. B. due to a recognized error in the code safeguarding method, like z. B. a (carriage return character) check total, detectably) as receipt event in block 13 one rates.

This rule can be also still further seized, so that the receipt of a certain partial characteristic of a message or even each kind of network activity, which a possibly existing noise filter in the receipt path overcomes, when receipt event in block 13 is rated. The receipt event for a network is the less specifically defined, the more sensitively reacts a node in the second path to disturbances and to incorrectly behaving nodes. The node in the second path decreases/goes back then into the output phase in block 17 and observes the further communication happening, D. h. its observation time interval restarts.

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 22>

The given number of communication cycles, in which a node in block 14 stays, depends on the duration of the phases of the blocks 8 and 9. It must be prevented that a node passes the inquiry block 10 successfully in the first path, while the reference node goes through a small disturbance in the phase in the block 14 again back to the block 17. A condition for the dimensioning of the time intervals on the one hand in the block 14 and on the other hand in the blocks 8 and 9 results to each other therefore as follows: The node in the second path may not be no more in block 14, but must already in block 15 be, if a node in the first path processes its test time interval, at whose end over the inquiry block 10 the entrance into the synchronized normal operation is possible.

For in Fig. 2 indicated flow chart a communication cycle is sufficient for processing in block 14, if the processing in block 8 within the communication cycle, in which the position message < to; RTI ID=0.0> Referenzbestimmung < /RTI> one received, locked and one < RTI ID=0.0> Examine Zeitintervall< /RTI> (Block 9) with the next communication cycle begins. Within this a communication cycle in the block 14 the parallel entrance is dissolved likewise of more than one node into the second path. If the phase of the block 8 lasts longer, then also the length of the phase in block 14 for the network is adapted (elongated). It is important that a node is in the second path so long like possible in the phase of the block 14, in order to all possible errors to react to be able (block 13).

If the node in the second path spent the given number of communication cycles in block 14, and it by a receipt event to block 17 was not carried back, then it turns into to block 15. Also during itself the node in the phase of the block 15 finds, sends it further in accordance with the communication schedule its position message. Additionally the node in block verifies 15 < RTI ID=0.0> (?Verif?), < /RTI> whether it successfully developed communication to at least a further node. Exactly the same as with block 9 a node position message can on the basis the own communication schedule

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 23>

evaluate. < RTI ID=0.0> Eintreffende< /RTI> Position messages can thereupon to be examined whether the contained position information, which contains a statement about the current position of the sending of node within the communication cycle, with which local understanding agrees. One verification time interval, which the node in the second



path in block < RTI ID=0.0> 15< /RTI> for the verification of the own view in relation to the view of the other nodes derived from the received position messages uses, is fixed first. It covers at least one communication cycle, so that all nodes can be included into the testing. Favourable way is the verification time interval to the communication cycle synchronized, D. h. it begins communication cycle with the beginning. Differently than in the test phase in the block 9, one < RTI ID=0.0> Verification Zeitintervall< /RTI> cyclic repeats, as long as no position message < in; RTI ID=0.0> Verification Zeitintervall< /RTI> received is (test phase in block 15). This situation develops for z. B. if a node receives the release in former times as the other nodes of the network by the superordinate control unit. Then this node goes through the blocks 17, 11 and 14 and occurs the block 15, without already another node at all to the setting of the communication schedule react, D. < RTI ID=0.0> h.< /RTI> in addition to synchronize can. A node can stay thus for a longer time in block 15, and for it to wait that one or more nodes select it as reference nodes, over which first path into the synchronized normal operation it changes, and then actively a position message sends, which the node in block 15 can receive. If one verification time interval is locked, without a position message became to receive, then a new verification time interval in block 15 is started and still no evaluation and inquiry in the following inquiry block 16 carried out.

During the verification time interval each node, which communicates the phase position of its local communication schedule by its position message, is arranged in a category. Either the local phase position of the communication schedule in network knot covers itself with the giving node in the second path or it does not agree not. In both felling a counter for the agreements, corresponding in each case, is < RTI ID=0.0> (Z~über) < /RTI> and the deviations < RTI ID=0.0> (rab) < /RTI> incremented and at the end of the verification time interval evaluated. Within the verification time interval each node becomes only

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 24>

once considers. The inquiry block 16 is successfully passed only then, if their local communication schedules process the majority of the active nodes to each other synchronized, D. h. < RTI ID=0.0> Züber< /RTI> more largely than Zab is.

The node, which is in the block 15, is called default node. This default node must consider 15 with block that it dispatches position messages actively. Therefore it must consider itself as synchronized nodes during decision making in the inquiry block 16. This can by a Vorinitialisierung of the counter < RTI ID=0.0> Tuber mit< /RTI> the counter value one to take place or however by means of adjustment of the inquiry in the inquiry block 16 be taken off. The transition to the synchronized normal operation takes place if over larger or equal to Zab is. Because the default node takes in account itself with the verification of synchronized communication, can be prevented a critical situation with only 2 further nodes, of which one works incorrectly. If the default node was not taken in account, became in the case with a correctly working node and a second incorrectly working node, which return default nodes to block 17. As long as then the remaining two nodes with not agreeing phase position of the communication schedule

send their position message, no further node can become synchronized, since this constellation always leads to an abort in the block 9 and 10 of the first path.

Since the default node dispatches its position message actively in the second path, it can assume nodes in the first path consulted it as reference nodes and this message for the testing in block 9 to use. In the error free case during the verification time interval only position messages will then receive, which confirm the reference node in the second path.

< RTI ID=0.0> Does a node know the inquiry " SyncNK? ?erfolgreich< in the inquiry block 16; /RTI> happen, then it occurs the synchronized normal operation. If a node received one position message during one verification time interval at least and therefore if the decision in the inquiry block 16 lines up, then it must return to the block 17, if it is rejected. Becomes the counter value Züber too

< Desc/Clms PAGE NUMBER 25>

Beginning that verification time interval with the value one initialize, then the node in the inquiry block 16 is rejected, if the counter value < RTI ID=0.0> Z~ab< /RTI> more largely or equal the counter value < RTI ID=0.0> Züber< /RTI> is.

In a strongly disturbed surrounding field (z. B. Irradiation on the network) can pass it that a node the block 17 cannot leave, since neither correct position messages will receive still the observation time interval runs off, which for a fixed duration peace in the network signals. If a network is to become in addition, in this case synchronized, then one relapse level must be defined, it a node permitted to occur in such a case nevertheless the second path for the nodes. In addition a time window counter with the entrance into block 17 is started, whatever is not again started then, as soon as network activity will receive from the node. This time window is more largely than the regular < RTI ID=0.0> Observation Zeitintervall.< /RTI> If this time window runs off, then a node goes into the second path to block 11 and tries communication to develop. If a node leaves the block 17 before expiration of this time window, then the time window counter is stopped. If the node fails then in the first or second path, then the time window counter can be put back either or but be kept running starting from the stored stall before entrance into the first or second path.

The selection of one of these alternatives leads to different strategies for the relapse level, which essentially differ in the time, after which a node due to the time window run off the second path occurs.

A node, which has a disturbed, here not represented receipt circuit, can send still messages, but do not receive. Such a node will enter the second path, since within the observation time interval in block 17 no network activity is recognizable (even if already lengthen themselves other nodes z. B. in the synchronized normal operation rule). It will then always be in the block 15, since the inquiry block 16 does not let the node change into the synchronized normal operation. Nevertheless the node sends durably its position message and disturbs thereby possibly parallel running communication of other nodes. As

remedy a further relapse level can be defined here, those at expiration of a fixed time, in which that

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 26>

Node over the second path not to synchronize can, ensures that a node loses the authorization for the entrance into the second path. In addition for example a counter can be defined, which counts the number of communication cycles, in which the node in the second path was. If the counter reaches a fixed limit value, then the node can pass the inquiry block 19 no more toward block 11. Only the passive integration over the first path is then possible for this node still. This condition can be only waived by the superordinate control unit.

Also an additional rule for the inquiry block 19 can be prescribed, those mentioned that a node can occur only then the second path, if it gives a particular release in addition by the superordinate control unit. In this case a node cannot try so long actively to develop communication until the superordinate control unit permits this explicitly. In this phase the node can be integrated however over the first path into current communication. Thus the superordinate control unit in a node has control of it, in which roller, D. h., over which path of the nodes into communication enters.

By the superordinate control unit in the node if the general transmission authorization is withheld from a node, then also then the node can occur the second path, not synchronize however over the first path to a given communication schedule. Withholding the transmission authorization knows z. < RTI ID=0.0> B.< /RTI> favourably its if to the diagnosis communication is to be only supervised, without participating actively in it. To the transition to the synchronized normal operation, whereby the node behaves also then still far passive, then the same rules apply with the inquiry block 10, as to nodes, which do not send an own position message away.

The synchronisation of the phase positions of the local communication schedules within the nodes is the necessary condition, so that at all the medium access procedure in the normal operation and thus deterministic data exchange are possible by means of the connecting network. In addition, beyond that further parameters can be administered locally in a node, to a global

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 27>

Agreement to be brought must. An example is a cycle counter for the communication cycles, which is administered locally in the respective nodes. If its current count with a message is dispatched, then the count can be consulted with the receiver for validating the transmitted as well data, as the transferred count is compared against the local count.

In addition z can. B. the measuring phase of the global clock synchronisation on the basis the local count of a cycle counter in the respective node network far synchronized become.

The moreover such a cycle counter can be used to fill the data fields within a message dependent on the current cycle count with different contents. This decision becomes then comprehensible with the receiver on the basis the own cycle counter, which is synchronized to that of the transmitter, without information about the content with will transmit must. For such parameters, like the described cycle counter, the same method can be used, as it was described for the synchronisation of the phase positions of the communication schedules. Thus a node in the second path knows its parameter set (z. B. distribute the count of the cycle counter) to all nodes, the these then for the initialization of their local parameter sets (z. B. Cycle counters) use. The mechanisms to the testing find also here analog their use. For example the position message described so far can contain also still further parameters, and in the phases of the block 9 and the block 15 only then the counters for an agreement (Z~über) are incremented, if all agree parameter which can be synchronized. With one or more deviations within the parameter set the appropriate counter is then < RTI ID=0.0> (Z~ab) < /RTI> incremented.

With networks, in which each node is supplied with its own source of clock, differences in the clock frequencies are to be in practice always observed, even if all sources of clock with the same < RTI ID=0.0> Nominalfrequenz< /RTI> work. As a function of the used source of clock initial tolerances in the actual frequency and further frequency changes are z. B. not to avoid by aging.

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 28>

During the synchronized normal operation by those far global clock synchronisation described in front it is guaranteed that the temporal situation and the length of the communication schedules of all nodes in the context of the dissolution specific to the network and/or. Accuracy agree. A node can implement only then a synchronisation by adjustment of the phase of its communication schedule, if the frequency differences and/or.

Inaccuracies of the local sources of clock are small. It must be guaranteed that between the phases of the blocks 8 and 9 and/or. 14 and 15 no offset of the communication schedules takes place against each other. The measures for synchronisation need during operation to be started then only with entrance into the synchronized normal operation.

For networks, with those z. B. from cost reasons sources of clock with large tolerances to be used, or with which due to the long life on high deviations from the nominal frequency must be counted, the acceptance specified above cannot be guaranteed. In this case would arise between the phases of the blocks 8 and 9 and/or. 14 and 15 an offset of the communication schedules not to solve the one synchronization made possible around this problem becomes according to invention in Fig. 2 represented flow chart by further blocks supplements, so that itself an extended flow chart in Fig. 6 results in. The first path is < by a block 23 between the inquiry block 21 and block 8 and by an inquiry block 24 between the blocks; RTI ID=0.0> 8< /RTI> and 9 supplements.

The block 23 accomplishes itself an adjustment of the local Uhrentaktes of the merging node to that of the reference node. In the node with the first occurrence of the position message of the reference node a measuring phase is started, which is stopped with the second occurrence of the position message of the reference node. Thus the duration of the communication cycle of the reference node is well-known for the node in the first path. Subsequently, the local Uhrentakt of the node and accordingly the duration of its local communication cycle are adapted to the Uhrentakt of the reference node. This phase is < in the block 23; RTI ID=0.0> with " AnglCl " dargestellt.< /RTI> Afterwards works

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 29>

the node (z. B. in < RTI ID=0.0> Phase " AnglPh ") < /RTI> with the adapted Uhrentakt.

After the local Uhrentakt was adapted, with the second position message of the reference node the adjustment of the phase position of the local communication schedule to the phase position of the communication schedule of the reference node is only made (in block 8). If the second position message did not arise at expiration of a preservation time interval, the node decreases/goes back into the output phase, i.e. to block 17. This inquiry is < in the inquiry block 24; RTI ID=0.0> accomplished and as " SynAn? "designates. The duration of this preservation time interval muss< /RTI> at least the same as the duration of a communication cycle and the maximally possible offset between the phase positions of the local communication cycles of two not synchronized nodes its. If the node returns to the output phase, the local Uhrentakt of the node is put back the nominal attitude. That means that the correction the adjustment of the Uhrentaktes at the reference nodes are cancelled again.

The measures described so far can be extended in such a way that a node in the first path of the flow chart already implements the measures for errortolerant, global clock synchronisation, which are described further in front during the test phase in block 9. A node evaluates in addition the synchronisation information of all received position messages, D. h. this determines the deviation in the phase position between the local communication schedules of the sending nodes and the own communication schedule during the test phase in block 9. A node in the first path can change only then into the synchronized normal operation, if the method for global, errortolerant clock synchronisation, which is based on during the test phase the position messages receiving in block 9, signals, that a synchronisation was reached in the context of the attainable accuracy. If correction terms were determined, which indicate that the node lies outside of the permissible, temporal deviation, the node must be rejected with the inquiry block 10.

The global clock synchronisation is based on a pattern, consisting of the measuring phase to a correction term regulation and the correction phase to

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 30>

Adjustment of the local phase position of the communication schedule as well as possibly for the adjustment of the local Uhrentaktes. Become z. B. two successive Kommunikationszyklen for the measuring phase necessarily, around one  $\langle RTI\ ID=0.0 \rangle$  Korrekturterm  $\langle /RTI \rangle$  for the local Uhrentakt to intend to be able, and the correction phase may not disturb the measuring phase for the adjustment of the phase position of the communication schedule, then all nodes of a network must pursue uniformly the same, synchronized flow chart consisting of Mess- und correction phase. This period, z. B. consisting of two communication cycles, synchronized must always become in all nodes a pattern, which can be supported then on the cycle counter.

For example this pattern can always begin with a communication cycle with a straight count. Then a node in block 17 can occur itself also only then the first path, if it receives a position message with a count, which guarantees a synchronisation to the pattern. The rejection can be guaranteed then by the inquiry block 21. Before the entrance into the test phase into block 8 a node sets its local cycle counter to the value, which it can infer from the received position message of the reference node. With the help of the cycle counter synchronized itself the node on a pattern, which must be uniformly processed in the entire network. Therefore then also the value of the cycle counter must be compared within the test phase in block 9 with those of the other active nodes. An agreement is for the transition to the synchronized normal operation a necessary ahead setting, which must be guaranteed additionally by inquiry block 10.

Likewise a node in the second path can likewise implement the measures during the test phase in block 15 for error-tolerant, global clock synchronisation. A node in the second path can change only then into the synchronized normal operation, if the methods signal for clock synchronisation based on the position messages, which will receive 9 during the test phase in block could, that a synchronisation was reached in the context of the attainable accuracy. Otherwise the node in the inquiry block 16 is rejected.

With the method described so far the position message unites also the noticing

$\langle Desc/C\lms\ PAGE\ NUMBER\ 31 \rangle$

paint a synchronisation message in itself. That means that the accurate temporal occurrence of this synchronisation message is measured by the receiving node and compared against the expected receipt time, in order to determine from it the deviation between the situation of the local communication schedules of the receiving node and the reference node and thus between the local clocks. By the comparison, D. h. the subtraction, two more successive  $\langle RTI\ ID=0.0 \rangle$  Discrepancy terms,  $\langle /RTI \rangle$  determined from the synchronisation message of the same node, can  $\langle RTI\ ID=0.0 \rangle$  Korrekturterm  $\langle /RTI \rangle$  for the local Uhrentakt to be intended. Also for the synchronisation message applies that a receiving node must be able, to be able to assign the synchronisation message clearly to the appropriate reference node. For the identification of the correction terms from all measured deviations it must be guaranteed that several synchronisation messages of a node do not lead to an imbalance with the mean value formation. Only if a synchronisation message per node is in the communication schedule permissible in a

network, then it can without the fact is done that from the synchronisation message the associated reference node can be determined.

The method is likewise realizable, if the features of the position messages and the synchronisation messages in a message are not united, but this messages are separately registered in the communication schedule. Both messages must be then always sent by a node in the second path within a communication cycle and the nodes in the first path and/or. in the second path both messages and their information content in the phases of the blocks must always consider 9 and 15. A position message within one time interval of the phases of the blocks 9 or 15 without the associated synchronisation message (and differently) cannot be consulted thereby for the evaluation.

## Claims

1. Network with a connecting network and several nodes coupled with the connecting network, which are intended before the integration as active nodes for the adjustment of their local communication schedule to the communication schedules at least another nodes in each case, whereby a node which can be merged is not intended to the testing of activity of other nodes and with statement of an activity than reference node solid position message for other nodes, given for transmission in its communication schedule, and a node < for integration as active nodes after receipt of; RTI ID=0.0> Positionsnach < /RTI> direct for the adjustment of its local communication schedule to that of the reference of node and with termination of a positive testing toward agreement of its own communication schedule with the communication schedules at least a part of the active nodes is intended.

2. Network according to claim < RTI ID=0.0> 1, < /RTI> characterised in that a node with the testing for agreement of its own < RTI ID=0.0> Kommunika < /RTI> tionszeitplans with the communication schedules at least a part of the active nodes for the counting of the agreements and the deviations is intended and that the node is intended only then for integration as active nodes, if the number of the agreements than the number of the deviations is larger or no deviation is present.

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 33>

3. Network according to claim 2, characterised in that of the nodes for the testing for agreement of its own communication schedule with the communication schedules at least a part of the active nodes to the use of one time interval is intended, in which at least once all position messages of the others are sendable at communication node taken part.

4. Network according to claim < RTI ID=0.0> 1, < /RTI> characterised in that after detection by no activity a node to the testing, which can be merged, is intended whether a further node would like itself to merge than reference nodes.

< RTI ID=0.0> 5.< /RTI> Network according to claim 4, characterised in that after detection of no activity a node for sending one, which can be merged, < RTI ID=0.0> Kollisionsnachricht< /RTI> is intended.

6. Network according to claim 4, characterised in that a node with the testing on integration as as reference nodes first for sending its own position message, for the counting of arriving position messages and only then for integration as reference nodes is intended, if those

Number of the correctly received position messages than the number of the correctly not received position messages is larger or all position realigns to be correctly received.

7. Node in a network with a connecting network and several

< Desc/Cllms PAGE NUMBER 34>



further node coupled with the connecting network, which is intended before the integration as active nodes for the adjustment of its local communication schedule to the communication schedules at least another nodes in each case, whereby the node is not intended to the testing of activity of other nodes and with statement of an activity than reference node solid position message for other nodes, given for transmission in its communication schedule, and the node is intended for integration as active nodes after receipt from position messages to the adjustment of its local communication schedule to that of the reference node and with termination of a positive testing for agreement of its own communication schedule with the communication schedules at least a part of the active nodes.

8. Method for the integration of a node as active nodes in a network with a connecting network and several further nodes coupled with the connecting network, with which the node before the integration in each case adapts another node, with which the node examines activities of other nodes and out-ends with statement of no activity than reference nodes in its communication schedule given position messages for other nodes and is merged with that the node than active node as active nodes its local communication schedule to the communication schedules at least, if it adapted its local communication schedule after receipt of position messages to that of the reference node and positively locked the testing for agreement of its own communication schedule with the communication schedules at least a part of the active nodes.

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Oktober 2003 (23.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/088590 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04L 12/413**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/03506

(22) Internationales Anmeldedatum:  
4. April 2003 (04.04.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 16 984.5 16. April 2002 (16.04.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Wernerstrasse 1, 70469 Stuttgart (DE). **DECOMSYS - DEPENDABLE COMPUTER SYSTEMS HARDWARE AND SOFTWARE ENTWICKLUNG GMBH** [AT/AT]; Stumporgasse 48/28, A-1060 Wien (AT).

(71) Anmelder (nur für DE): **PHILIPS INTELLECTUAL PROPERTY & STANDARDS GMBH** [DE/DE]; Weisshausstrasse 2, 52066 Aachen (DE).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von DE, US): **KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.** [NL/NL]; Groenewoudseweg 1, NL-5621 BA Eindhoven (NL).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse 25, 70567 Stuttgart (DE). **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG** [DE/DE]; Petuelring 130, 80788 München (DE). **GENERAL MOTORS CORPORATION** [US/US]; 30200 Mound Road, Warren, MI 48090-9010 (US). **MOTOROLA GMBH** [DE/DE]; Schatzbogen 7, 81829 München (DE).

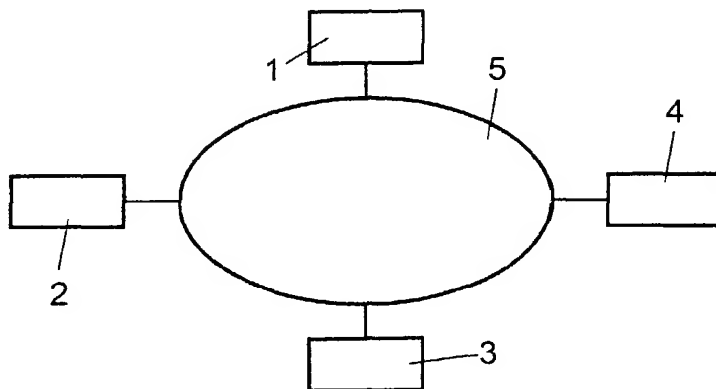
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FUHRMANN, Peter** [DE/DE]; Jean-Bremen-Strasse 10, 52080 Aachen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: NETWORK COMPRISING AN INTERCONNECTING NETWORK AND SEVERAL NETWORK NODES THAT ARE COUPLED TO SAID INTERCONNECTING NETWORK

(54) Bezeichnung: NETZWERK MIT EINEM VERBINDUNGS-NETZWERK UND MEHREREN MIT DEM VERBINDUNGS-NETZWERK GEKOPPELTEN NETZKNOTEN



(57) Abstract: The invention relates to a network comprising an interconnecting network and several network nodes that are coupled to said interconnecting network and are designed to adapt their local communication time schedule to the communication time schedules of at least one other network node, prior to being integrated as active network nodes. A network node to be integrated checks the activity of other network nodes and if no activity is identified, sends out positional messages for other network nodes, said messages being fixed by predetermination in its communication time schedule. If a network node cannot be integrated as a reference node, it can only be integrated as an active node if it adapts its local communication time

schedule to that of the reference node after receiving positional messages and if the check whether its own communication time schedule agrees with the communication time schedules of at least some of the active network nodes proves positive.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten, die vor der Einbindung als aktiver Netzknoten jeweils zur Anpassung ihres lokalen Kommunikationszeitplans zu den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines anderen Netzknoten vorgesehen sind. Ein einzubindernder Netzknoten prüft die Aktivität anderer Netzknoten und sendet bei Feststellung keiner Aktivität als Referenz-Netzknoten fest in seinem Kommunikationszeitplan vorgegebene Positionsnachrichten für andere Netzknoten aus. Falls ein Netzknoten nicht als Referenz-Netzknoten eingebunden werden kann, kann er nur als aktiver Netzknoten eingebunden werden, wenn er nach Erhalt von Positionsnachrichten seinen lokalen Kommunikationszeitplan an den des Referenz-Netzknotens angepasst wird und die Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten positiv abgeschlossen wird.



WO 03/088590 A1



**POKORNY, Gregor** [AT/AT]; Marschallplatz 11/3/16, A-1120 Wien (AT). **BELSCHNER, Ralf** [DE/DE]; Rigistrasse 10, 72124 Pleizhausen (DE). **HEDENETZ, Bernd** [DE/DE]; Bismarckstrasse 40, 72770 Denkendorf (DE). **SCHEDL, Anton** [DE/DE]; Krumbacherstrasse 8, 80798 München (DE). **BERWANGER, Josef** [DE/DE]; Parkweg 1, 85586 Poing (DE). **PELLER, Martin** [DE/DE]; Bauerstrasse 31, 80796 München (DE). **FÜHRER, Thomas-Peter** [DE/DE]; Steinbeisstrasse 60/1, 70849 Gerlingen (DE). **MILLSAP, Arnold** [US/US]; 2383 Curtis Road, Leonard, MI 48367 (US). **FOREST, Thomas** [US/US]; 54503 Berryfield, Macomb, MI 48042-2213 (US). **TEMPLE, Christopher** [DE/DE]; Eigerstrasse 29, 81825 München (DE).

(74) **Anwalt: WÖRZ, Volker**; Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, Postfach 103762, 70032 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national)**: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,

MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional)**: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## BESCHREIBUNG

Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten

Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten, die vor der Einbindung als aktiver Netzknoten jeweils zur Anpassung ihres lokalen Kommunikationszeitplans zu den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines anderen Netzknoten vorgesehen sind.

Ein solches Netzwerk ist in der Kraftfahrzeugtechnik einsetzbar und kann beispielsweise aus der Zeitschrift „Elektronik“, Nr. 14, 1999, Seiten 36 bis 43 (Dr. Stefan Polenda, Georg Kroiss: „TTP: „Drive by Wire“ in greifbarer Nähe“) entnommen werden, bei dem das TTP-Protokoll (TTP = Time-Triggered Protocol) verwendet werden. Dieses Protokoll ermöglicht eine sichere Datenübertragung und kann daher auch in Netzwerken für sicherheitsrelevante Vorrichtungen (z.B. Bremsen) gebraucht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten zu schaffen, welches nach dem Start des Netzwerks eine Synchronisation der Netzknoten ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch ein Netzwerk der eingangs genannten Art mit folgenden Merkmalen gelöst:

Das Netzwerk enthält ein Verbindungs-Netzwerk und mehreren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelte Netzknoten, die vor der Einbindung als aktiver Netzknoten jeweils zur Anpassung ihres lokalen Kommunikationszeitplans zu den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines anderen Netzknoten vorgesehen sind, wobei ein einzubindender Netzknoten zur Prüfung von Aktivität anderer Netzknoten und bei Feststellung keiner Aktivität als Referenz-Netzknoten fest zur Sendung in seinem Kommunikationszeitplan vorgegebene Positionsnachrichten für andere

Netzknoten vorgesehen ist und ein Netzknoten zur Einbindung als aktiver Netzknoten nach Erhalt von Positionsnachrichten zur Anpassung seines lokalen Kommunikationszeitplans an den des Referenz-Netzknotens und bei Abschluss einer positiven Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten vorgesehen ist.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk, das nach einem Start oder Hochfahren des Netzwerks eine fehlertolerante Synchronisation der über ein Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten sicherstellt. Das Verbindungs-Netzwerk kann eine beliebige Netzwerktopologie aufweisen und von den Netzknoten kommende oder zu den Netzknoten gehende Nachrichten ohne oder mit Signalverstärkung weiterleiten. Als Netzwerktopologie kommt ein verteilter, synchrone Datenbus, ein Sternkoppler usw. in Betracht.

In den Netzknoten des Netzwerks muss ein gemeinsamer Kommunikationszeitplan aufgebaut werden. Erfindungsgemäß ergibt sich dynamisch zur Laufzeit, welcher Netzknoten versucht, den Kommunikationszeitplan für alle anderen Netzknoten vorzugeben. Dabei kann auf einen statisch bestimmten, besonders ausgezeichneten Netzknoten, der immer und als einziger den globalen Kommunikationszeitplan vorgibt um damit die initiale Synchronisation der lokalen Kommunikationszeitpläne zu ermöglichen, verzichtet werden.

Der Kommunikationszeitplan stellt einen zeitlichen Ablauf für den Datenaustausch dar, welcher genau beschreibt, wann welcher Netzknoten bestimmte Daten an die anderen Netzknoten und das Verbindungs-Netzwerk weitergibt. Dieser ist in seiner zeitlichen Ausprägung nicht während des Betriebes sondern schon zuvor festgelegt worden ist. Der gesamte Datenaustausch zwischen den Netzknoten ist in diesen zeitlichen Rahmen eingebettet.

Mit Hilfe von Positionsnachrichten, die jeder Netzknoten zu einem bestimmten, von seinem jeweiligen lokalen Kommunikationsplan vorgegebenen Zeitpunkt sendet, wird die Synchronisation ermöglicht. Der Netzknoten, welcher keine Positionsnachrichten

von anderen Netzknoten empfängt, wird der Referenz-Netzknoten für später einzubindende bzw. zu synchronisierende Netzknoten. Die anderen Netzknoten versuchen dann jeweils ihren lokalen Kommunikationsplan an den des Referenz-Netzknotens anzupassen. Hat ein Netzknoten die Positionsnachrichten des Referenz-Netzknotens erhalten und sich mit seinem lokalen Kommunikationszeitplan an den des Referenz-Netzknotens angepasst, wird erfindungsgemäß eine Prüfphase angeschlossen. In dieser Prüfphase wird ermittelt, ob die zuvor getroffene Anpassung korrekt ist und erst bei einem positiven Ergebnis als aktiver Netzknoten eingebunden, der seine eigenen Positionsnachrichten aussendet.

Durch die Erfindung wird sichergestellt, dass die Netzknoten einen gemeinsamen Kommunikationsplan etablieren. Dabei kann auf einen statisch bestimmten, besonders ausgezeichneten Netzknoten, der immer und als einziger den globalen Kommunikationszeitplan vorgibt um damit die Anfangs-Synchronisation der lokalen Kommunikationszeitpläne ermöglicht, verzichtet werden. Der Netzknoten, der versucht, den Kommunikationszeitplan für alle Netzknoten vorzugeben ergibt sich dynamisch zur Laufzeit.

Es wird verhindert, dass ein Netzknoten seinen Kommunikationszeitplan mit einem einzelnen, im Vergleich zu den anderen aktiven Netzknoten fehlerhaft operierenden Netzknoten synchronisiert. Ein sich einbindender Netzknoten wählt den ersten Netzknoten als Referenz-Netzknoten, von dem eine Nachricht empfangen wird, mit deren Hilfe die aktuelle Position im Kommunikationszeitplan bestimmbar ist. Erst nach dem Anpassen des eigenen Kommunikationszeitplans wird die dann etablierte eigene Sicht gegen die aller anderen, verfügbaren Netzknoten verglichen. Lediglich, wenn bestimmbar ist, dass der lokale Kommunikationszeitplan des Netzknotens mit dem globalen Kommunikationszeitplan übereinstimmt, kann dieser aktiv an der Kommunikation teilnehmen und in den synchronisierten Normalbetrieb übergehen. Da im ersten Schritt lediglich die Information eines Netzknotens, d.h. des Referenz-Netzknotens, ausgewertet werden muss, und nicht alle verfügbaren Knoten für die Anfangs-Synchronisation des lokalen Kommunikationszeitplans herangezogen werden, kann das im Netzwerk betriebene Verfahren mit wenig Aufwand realisiert werden. Maßnahmen zur fehlertoleranten Auswertung müssen in dieser Phase noch nicht

angewendet werden. Durch die abschließende Prüfphase wird aber die Fehlertoleranz für das Gesamtverfahren sichergestellt.

Ein Netzknoten ist bei der Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten zur Zählung der Übereinstimmungen und der Abweichungen vorgesehen. Dieser wird nur aktiver Netzknoten eingebunden, wenn die Zahl der Übereinstimmungen größer als die Zahl der Abweichungen ist oder keine Abweichung vorliegt.

Ferner ist der Netzknoten für die Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten zur Verwendung eines Zeitintervalls vorgesehen, in dem wenigstens einmal alle Positionsnachrichten der anderen an der Kommunikation beteiligten Netzknoten ausgesendet werden.

Nach Detektion von keiner Aktivität ist ein einzubindender Netzknoten zur Prüfung vorgesehen, ob ein weiterer Netzknoten sich als Referenz-Netzknoten einbinden möchte. Hierbei kann eine Kollisionsnachricht verwendet werden. Für eine Situation, in der mindestens zwei Netzknoten parallel versuchen eine Kommunikation erstmals zu starten, ist keine Kollisionserkennung notwendig, da das erfindungsgemäße Netzwerk sicherstellt, dass nach einer Auflösungsphase nur ein Netzknoten als aktiver Knoten am Netzwerk verbleibt. Hierbei ist ein Netzknoten zuerst zur Aussendung seiner eigenen Positionsnachricht, zur Zählung von eintreffenden Positionsnachrichten und nur dann zur Einbindung als Referenz-Netzknoten vorgesehen ist, wenn die Zahl der korrekt empfangenen Positionsnachrichten größer als die Zahl der nicht korrekt empfangenen Positionsnachrichten ist oder alle Positionsnachrichten korrekt empfangen werden.

Die Erfindung bezieht sich auch auf einen Netzknoten in einem Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren weiteren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten und auf ein Verfahren zur Einbindung eines Netzknotens als aktiver Netzknoten in einem Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren weiteren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten,.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Fig. näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1                    ein Netzwerk mit mehreren Netzknoten und ein Verbindungs-  
Netzwerk,  
Fig. 2 und 6            zwei in einem Netzknoten anwendbare Ablaufdiagramme und  
Fig. 3 bis 5            verschiedene Zeitdiagramme zur Erläuterung des erfindungs-  
gemäßen Netzwerks.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Netzwerks ist in Fig. 1 dargestellt. Dieses Netzwerk enthält beispielsweise vier Netzknoten 1 bis 4, die jeweils mit einem Verbindungs-Netzwerk 5 gekoppelt sind. Das Verbindungs-Netzwerk 5 repräsentiert eine beliebige Vernetzung der angeschlossenen Netzknoten 1 bis 4. Über dieses Verbindungs-Netzwerk 5 tauschen die angeschlossenen Netzknoten 1 bis 4 Nachrichten in der Form aus, dass die Nachricht eines sendenden Netzknotens von allen angeschlossenen Netzknoten empfangen werden kann. Das Verbindungs-Netzwerk 5 kann eine beliebige Netzwerktopologie aufweisen und die Nachrichten ohne (passiv) oder mit (aktiv) Signalverstärkung weiterleiten. Ein Verbindungs-Netzwerk als aktiver Sternkoppler ist beispielsweise aus EP 1 179 921 A2 bekannt. Die Nachrichtenübertragung kann dabei über verschiedene Übertragungsmedien erfolgen (drahtgebundene elektrische, optische Übertragung oder drahtlose Übertragung beispielsweise eine Funk- oder Infrarot-Übertragung). Das Verbindungs-Netzwerk kann auch mehr als einen Kanal zur Kommunikation umfassen, d.h., z.B. als redundant ausgelegtes Verbindungs-Netzwerk mit zwei oder mehr Kommunikationskanälen bestehen.

Jeder Netzknoten 1 bis 4 umfasst mindestens eine nicht dargestellte Kommunikationsschnittstelle, die den Austausch von Nachrichten über das Verbindungs-Netzwerk 5 sicherstellt, und eine ebenfalls nicht dargestellte Steuer- und Verarbeitungseinheit, welche die Kommunikationsschnittstelle konfigurieren und ansteuern kann. Die Steuer- und Verarbeitungseinheit bestimmt, wann der zugehörige Netzknoten an der



Kommunikation über das Verbindungs-Netzwerk 5 teilnehmen darf (Freigabe), und welche Daten mit Hilfe der Nachrichten übertragen werden bzw. wie die empfangenen Nachrichteninhalte (Nutzdaten) verarbeitet werden sollen.

Für viele Kontroll- und Automatisierungsanwendungen, die über ein solches Verbindungs-Netzwerk 5 Anwendungsdaten austauschen, muss gewährleistet werden, dass diese Anwendungsdaten mit einer festgelegten, zeitlichen Vorhersagbarkeit jedem Netzknoten (1 bis 4) bzw. Teilnehmer zur Verfügung stehen. Unter dieser Voraussetzung verursachen Anwendungsdaten, die nur in Verbindung mit ihrem zeitlichen Auftreten bzw. der Reihenfolge, in der sie mit anderen Daten verarbeitet werden müssen, eine spezifizierte System- bzw. Anwendungsfunktion.

Die Anforderung für das vorhersagbare Auftreten von Nachrichten in einem Netzwerk wird beispielsweise durch die sogenannte „zeitgesteuerte Kommunikation“ oder durch ein „zeitgesteuertes Protokoll“ erfüllt. Ein zeitgesteuertes Protokoll basiert auf einem Kommunikationszeitplan, der in seiner zeitlichen Ausprägung nicht während des Betriebes sondern schon zuvor festgelegt worden ist. Der gesamte Datenaustausch zwischen den Netzknoten 1 bis 4 ist in diesen zeitlichen Rahmen eingebettet. Es entsteht ein zeitlicher Ablauf für den Datenaustausch (Kommunikationszeitplan), welcher genau beschreibt, wann welcher Netzknoten bestimmte Daten an die anderen Netzknoten (1 bis 4) und das Verbindungs-Netzwerk 5 weitergibt. Der Kommunikationszeitplan kann auch einen reservierten Abschnitt enthalten, in dem die Nachrichtenabfolge dynamisch, zur Laufzeit bestimmt wird. Für die weitere Betrachtung ist ein solcher Abschnitt innerhalb des Kommunikationszeitplans jedoch nicht relevant und wird lediglich als reservierter Bereich behandelt.

Um diesen Kommunikationszeitplan zu realisieren, muss auch für den Zugriff auf das Kommunikationsmedium (Verbindungs-Netzwerk) eine strikte Vorhersagbarkeit sichergestellt werden. Häufig wird dafür das TDMA-Verfahren (Time Division Multiple Access) angewendet. Der konfliktfreie Zugriff auf ein gemeinsames Kommunikationsmedium wird dadurch geregelt, dass ein Netzknoten lediglich für einen kurzen Abschnitt, der als Nachrichtenslot oder Nachrichtenzeitschlitz bezeichnet wird, innerhalb eines zeitlichen Intervalls das exklusive Senderecht erhält. Bei einer

statischen Zuteilung der Sendeberechtigung umfasst das Gesamtintervall, das als Kommunikationszyklus bezeichnet wird, die Nachrichtenzeitschlitze für sämtliche Netzknoten und wiederholt sich dann periodisch. Kommunikationsprotokolle lassen hierbei auch zu, dass ein Netzknoten mehrere Nachrichtenzeitschlitze innerhalb eines Kommunikationszyklus zugeteilt bekommt.

In einem TDMA-basierten Kommunikationssystem (Netzwerk) benötigt jeder Netzknoten eine gemeinsame, unter allen Teilnehmern abgestimmte Zeitinformation, die beispielsweise durch einen zentralen Netzknoten (Time-Server) an alle anderen Netzknoten verteilt werden kann. Für sicherheitsrelevante und fehlertolerante Systeme (z.B. elektronisches Bremssystem im Kraftfahrzeug) ist jedoch ein zentraler Netzknoten ungeeignet, da ein Ausfall dieser Komponente die gesamte Kommunikation zum Erliegen bringt. Zeitgesteuerte Protokolle, wie z.B. das TTP-Verfahren (Time-Triggered Protocol) definieren für die einzelnen Netzknoten jeweils eine lokale Uhrzeit, die mit anderen Systemteilnehmern zu einer globalen Übereinstimmung synchronisiert werden. Dazu wird für die globale Uhrzeit eine im System einheitlich zu verwendende Granularität bzw. Auflösung festgelegt. Es muss garantiert werden, dass alle Netzknoten, bezogen auf die festgelegte Auflösung, über eine einheitliche Sicht der globalen Uhrzeit verfügen. Im synchronisierten Normalbetrieb bestimmt jeder Netzknoten während einer Messphase die Abweichungen der lokalen Uhr von der im Netzknoten präsenten lokalen Uhrzeit der anderen Netzknoten. Dabei wird nach Empfang einer Synchronisationsnachricht der jeweilige entsprechende Empfangszeitpunkt mit dem aus der lokalen Uhr abgeleiteten Erwartungszeitpunkt verglichen. Durch die Auswertung aller verfügbaren Abweichungen zu den anderen, jeweils durch ihre Synchronisationsnachrichten repräsentierten Netzknoten, kann jeder Netzknoten Korrekturterme bestimmen. Hiermit kann die Frequenz des Uhrentaktes der lokalen Uhr zeitweilig oder dauerhaft angepasst und auch noch zusätzlich eine über die Messphase aufsummierte Verschiebung der Phasenlagen zwischen den lokalen Kommunikationszeitplänen der jeweiligen Netzknoten in einer Korrekturphase ausgeglichen werden. Die Lage der Messphase sowie der Korrekturphase, die sich überlappen können, muss in allen Knoten synchronisiert sein.

Die Verarbeitung des Kommunikationszeitplans eines Netzknotens basiert auf seinem lokalen Uhrentakt. Die Länge eines lokalen Kommunikationszyklus ist also abhängig vom lokalen Uhrentakt. Über die globale Uhrensynchronisation im synchronisierten Normalbetrieb werden die lokalen Kommunikationszyklen in einer globalen Übereinstimmung gehalten.

Bei allen Kommunikationssystemen (Netzwerken), deren Medienzugriffsverfahren die Synchronisierung der beteiligten Netzknoten voraussetzt, müssen geeignete Verfahren sicherstellen, dass die Netzknoten nach ihrer Aktivierung aus dem unsynchronisierten Zustand in den synchronisierten Zustand übergehen. Im synchronisierten Zustand decken sich die in den Netzknoten lokal verwalteten Kommunikationszeitpläne, so dass jeder aktive Netzknoten seine reservierten Nachrichtenzeitschlitze verwenden kann und eine von diesem gesendete Nachricht auch bei allen anderen Netzknoten in den gleichen, für diese Übertragung reservierten Nachrichtenzeitschlitz fällt.

In den Netzknoten 1 bis 4 des Netzwerks muss ein gemeinsamer Kommunikationszeitplan aufgebaut werden. Erfindungsgemäß ergibt sich dynamisch zur Laufzeit, welcher Netzknoten versucht, den Kommunikationszeitplan für alle anderen Netzknoten vorzugeben.

Mit Hilfe des in Fig. 2 dargestellten Ablaufdiagramms wird die Synchronisation aller Netzknoten auf einem globalen Kommunikationszeitplan gezeigt.

Vor der Freigabe durch eine übergeordnete, nicht näher dargestellte Steuereinheit werden alle notwendigen Einstellungen für die Teilnahme an der Kommunikation durch die Steuereinheit an den Netzknoten vorgenommen. Jeder Netzknoten kennt damit den globalen Kommunikationszeitplan und die eigenen zur Sendung von Nachrichten zu verwendenden Nachrichtenzeitschlitze innerhalb dieses Kommunikationszeitplans.

Ist ein Netzknoten durch die übergeordnete Steuereinheit freigegeben worden (Kreis 6 in Fig. 2), muss sich der Netzknoten entscheiden, welche Funktion er im Netzwerk übernimmt. Ein Netzknoten hat zwei Möglichkeiten zum Übergang in den

synchronisierten Normalbetrieb. Entweder durchläuft der Netzknoten einen ersten Pfad im Ablaufdiagramm mit den Blöcken 8 bis 10, in dem dieser seinen lokalen Kommunikationszeitplan zu dem mindestens eines anderen, aktiv Positionsnachrichten versendenden Netzknotens synchronisiert, oder einen zweiten Pfad mit den Blöcken 11 bis 16, in dem er selbst aktiv versucht eine Kommunikation zu beginnen. Es sei erwähnt, dass im synchronisierten Zustand des Netzwerks alle Netzknoten oder nur bestimmte Netzknoten (definierte Untermenge von Netzknoten) mindestens eine Positionsnachricht pro Kommunikationszyklus senden. Die Positionsnachrichten sind regulärer Teil des globalen Kommunikationszeitplans.

Die Entscheidung, für welchen Pfad sich ein Netzknoten entscheidet, wird in einem übergeordneten gestrichelt in Fig. 2 eingezeichneten Block 17 getroffen. Die durch Block 17 repräsentierte Phase behandelt eine Netzwerkbeobachtung und die Auswahl des ersten oder zweiten Pfads. Nach der Freigabe durch die übergeordnete Steuereinheit beginnt ein Netzknoten nicht sofort zu senden, sondern wartet für ein vorgegebenes Beobachtungs-Zeitintervall, ob er irgendeine Nachricht erhält. Dies zeigt ein Abfrageblock 18 symbolisch durch die Abfrage „passive ?“. Findet keine Aktivität im Netzwerk statt und hat der Netzknoten damit eine Ruhephase festgestellt, überprüft er ob er selbst aktiv werden kann. Dies ist in Abfrageblock 19 durch „active ?“ dargestellt. Wird diese Frage bejaht geht der Netzknoten in den Pfad 2 zu Block 11. Solange eine solches Beobachtungs-Zeitintervall ohne jegliche Netzwerkaktivität nicht beobachtet wurde, wird durch den Abfrageblock 19 der Netzknoten wieder zum Block 18 zurückverwiesen. Das Beobachtungs-Zeitintervall muss so groß gewählt werden, dass ein unsynchronisierter Netzknoten im fehlerfreien Fall einen anderen Netzknoten, der gemäß dem Kommunikationszeitplan Sendeaktivität erzeugt, als bereits aktiven Netzknoten wahrnimmt.

Jede Aktivität im Netzwerk, die von einem Netzknoten empfangen wird, führt dazu, dass das Beobachtungs-Zeitintervall von neuem gestartet wird. Nachrichten, die für die Integration des Netzknotens nicht herangezogen werden können, führen also genauso zu einem Neustart des Beobachtungs-Zeitintervalls wie Störungen, die ein eventuelles Störfilter im Empfangspfad des Netzknotens überwunden haben.

Wird innerhalb dieses Beobachtungs-Zeitintervalls jedoch eine Positionsnachricht empfangen, so verzweigt der Netzknoten an dem Abfrageblock 18 zu einem Block 20. Der Empfang einer Positionsnachricht ermöglicht es dem Netzknoten die Phasenlage seines lokalen Kommunikationszeitplans an den globalen Kommunikationszeitplan des Netzknotens (Referenz-Netzknoten) anzugleichen, von dem die Positionsnachricht gesendet worden ist.

Der globale Kommunikationszeitplan definiert sich dadurch, dass alle aktiven Netzknoten gemäß ihrem lokalen Kommunikationszeitplan ihre Nachrichten absetzen. Wenn diese Netzknoten alle synchronisiert sind, ist im Netzwerk ein einheitlicher, globaler Kommunikationszeitplan zu beobachten.

Durch den Empfang einer Positionsnachricht eines Referenz-Netzknotens kann ein Netzknoten, der bislang noch keinen synchronisierten Kommunikationszeitplan abarbeitet und daher auch noch nicht aktiv am Sendegeschehen teilnimmt, die Phasenlage des globalen Kommunikationszeitplans ableiten. Da er lediglich eine Information über die Phasenlage des lokalen Kommunikationszeitplans des ausgewählten Referenz-Netzknotens erhält, so gilt dies nur dann, wenn der lokale Kommunikationszeitplan des Referenz-Netzknotens mit dem globalen Kommunikationszeitplan übereinstimmt.

Es wird zunächst davon ausgegangen, dass diese Annahme (Referenz-Netzknoten gibt globalen Kommunikationszeitplan vor) gültig ist und erst in einer späteren Phase, jedoch noch vor dem Eintritt in den synchronisierten Normalbetrieb (noch bevor der Netzknoten aktiv am Kommunikationsgeschehen teilnehmen darf) wird diese Annahme geprüft und die Entscheidung gegebenenfalls revidiert.

Aus der Positionsnachricht wird der zugehörige Sende-Netzknoten bestimmt und als Referenz-Netzknoten gespeichert (in Block 20 durch „BestRef“ angedeutet). Ist lediglich eine Positionsnachricht für einen Netzknoten im Kommunikationszeitplan zulässig, so kann auf die Bestimmung des Referenz-Netzknotens verzichtet werden und die Positionsinformation, z.B. die Nummer des Nachrichtenzeitschlitzes, zur eindeutigen Referenzidentifikation gespeichert werden. Diese Information ist dann

gleichbedeutend mit dem Wissen über den zugehörigen Sende-Netzknoten und ermöglicht eine eindeutige Identifikation der von diesem Netzknoten stammenden Positionsinformation zur Synchronisation der Kommunikationszeitpläne.

In dem dem Block 20 folgenden Abfrageblock 21, der ebenso wie die Blöcke 18 bis 20 Bestandteil des Blockes 17 sind, wird bestimmt, ob der selektierte Referenz-Netzknoten als Referenz zur Anpassung der Phasenlage des eigenen, lokalen Kommunikationszeitplans an den des Referenz-Netzknotens verwendet werden darf (dargestellt durch „Ref?“). Diese Abfrage wird jedoch erfolgreich passiert, da für den ersten Integrationsversuch (Eintritt in den ersten Pfad) noch keine Einschränkungen bzgl. der zulässigen Referenz-Netzknoten bestehen. Diese Einschränkungen entstehen erst dadurch, dass für den Fall einer fehlgeschlagenen Integration, d.h., dem Verlassen des ersten Pfades und den Wiedereintritt in den Block 17, der zugehörige Referenz-Netzknoten nicht direkt wieder für einen weiteren Integrationsversuch verwendet werden darf.

Mit dem Eintritt in den ersten Pfad ist es dem Netzknoten möglich, die Phasenlage seines eigenen, lokalen Kommunikationszeitplans zu bestimmen. Anhand der Fig. 3 kann dies verdeutlicht werden. Es sind hierbei die Zeitverläufe von zwei Netzknoten K1 und K2 und der im Netzwerk N1 sichtbaren Positionsnachrichten (P3, P5) dargestellt. Der Netzknoten K1 ist dabei von Netzknoten K2 als Referenz-Netzknoten ausgewählt worden. Ein Kommunikationszyklus KS umfasst gemäß dem Kommunikationszeitplan 5 Nachrichtenzeitschlitze NZ und ist in Fig. 3 jeweils durch längere senkrechte Striche angegeben. Die einzelnen Nachrichtenzeitschlitze innerhalb eines Kommunikationszyklus sind durch kürzere senkrechte Striche symbolisiert. Der Netzknoten K1 belegt mit seiner Positionsnachricht P3 den dritten Nachrichtenzeitschlitz. Das aktive Senden dieser Positionsnachricht P3 ist durch ein Rechteck mit einer durchgezogenen Linie dargestellt. Der Netzknoten K2 belegt mit seiner Positionsnachricht P5 den fünften Nachrichtenzeitschlitz. Weitere Netzknoten, welche die übrigen Nachrichtenzeitschlitze im Kommunikationszeitplan belegen, sind hier zur Vereinfachung nicht dargestellt.

Die Information darüber, dass die Positionsnachricht des Netzknotens K1 im dritten

Nachrichtenzeitschlitz gesendet wurde, ist der Positionsnachricht selbst zu entnehmen. Damit ist der Netzknoten K2 nach dem Empfang der Positionsnachricht P3 in der Lage, die Phasenlage des Kommunikationszeitplans des Netzknotens K1 zu bestimmen und die Lage seines eigenen Kommunikationszeitplans daran anzupassen. Dies wird im Ablaufdiagramm durch „AnglPh“ in Block 8 angegeben. Bei einer statischen Länge der Nachrichtenzeitschlitz und der Kenntnis über den aktuellen Nachrichtenzeitschlitz, kann der Netzknoten K2 die aktuelle Position innerhalb des Kommunikationszyklus berechnen. Damit ist in dem Netzknoten K2 die Phasenlage des Kommunikationszeitplans bekannt. In Fig. 3 ist dieser Zeitpunkt durch das Ereignis E1 gekennzeichnet. Der Netzknoten K2 kennt nach dem Empfang der Positionsnachricht P3 und einer Berechnungsphase, die im Ablaufdiagramm in Fig. 2 in Block 8 durchgeführt wird, die aktuelle Position innerhalb des Kommunikationszyklus. Die Phasenlage seines lokalen Kommunikationszeitplans hat dann der Netzknoten K2 exakt angepasst. Das Rechteck mit der gestrichelten Linie in Fig. 3 symbolisiert die Lage der Positionsnachricht des synchronisierten Netzknotens K2 nach der Phase „AnglPh“. Allerdings wird diese Nachricht noch nicht aktiv gesendet. In Fig. 3 ist daher diese Nachricht P5 zu diesem Zeitpunkt auch noch nicht auf dem Netzwerk N1 sichtbar.

Nach Ablauf des aktuellen Kommunikationszyklus geht der Netzknoten K2 in die Phase „Plau“ über, die in Fig. 2 durch Block 9 repräsentiert wird. In dieser Phase wird verifiziert, ob eine erfolgreiche Integration des Netzknotens K2 in das Netzwerk N1 stattgefunden hat. Der Netzknoten K2 kann Nachrichten, die er dann nach der initialen Synchronisation in der Prüfphase „Plau“ empfängt, anhand des eigenen Kommunikationszeitplans bewerten. Anhand der eintreffenden Positionsnachrichten überprüft der Netzknoten K2, ob sein Verständnis über die aktuelle Position des Sendernetzknotens in dem Kommunikationszyklus korrekt ist. Das hierfür verwendete Prüf-Zeitintervall PZ, welches ein Netzknoten K2 zur Prüfung der eigenen Sicht gegenüber der aus den empfangenen Positionsnachrichten abgeleiteten Sicht der anderen Netzknoten nutzt, ist vorab festgelegt. Es umfasst mindestens einen Kommunikationszyklus, damit alle zu der Zeit aktiven Netzknoten in die Prüfung einbezogen werden können. Vorteilhafterweise ist das Prüf-Zeitintervall zum Kommunikationszyklus synchronisiert, d.h., es beginnt mit dem Anfang eines Kommunikationszyklus. Dann ziehen alle Netzknoten, die sich gerade in der Prüfphase

des ersten Pfades aufhalten, aber auch Netzknoten, die sich gerade in der weiter unten erläuterten Prüfphase des zweiten Pfades befinden, die gleiche Informationsbasis, d.h., den gleichen Satz an Netzknoten, zur Entscheidungsfindung heran.

Während des Prüf-Zeitintervalls wird jeder Netzknoten, der durch seine Positionsnachricht die Phasenlage seines lokalen Kommunikationszeitplans mitteilt, in eine Kategorie eingeordnet. Entweder deckt sich die lokale Phasenlage des Kommunikationszeitplans im Sende-Netzknoten mit der des integrierenden Netzknotens oder sie stimmt nicht überein. In beiden Fällen wird jeweils ein entsprechender Zähler für die Übereinstimmungen ( $Z_{\text{über}}$ ) und die Abweichungen ( $Z_{\text{ab}}$ ) inkrementiert. Bei Beginn des Prüf-Zeitintervalls werden diese Zähler mit 0 initialisiert und am Ende des Prüf-Zeitintervalls ausgewertet. Innerhalb des Prüf-Zeitintervalls wird jeder Netzknoten nur einmal berücksichtigt.

Nach Ende des Prüf-Zeitintervalls PZ (Block 9) wird in Block 10 überprüft, ob eine erfolgreiche Synchronisation des einzubindenden Netzknotens stattgefunden hat. Das wird durch „Sync?“ angegeben. Hierzu können verschiedene Regeln angewendet werden.

Eine erste Regel kann angeben, dass ein Netzknoten nicht synchronisiert ist, wenn am Ende des Prüf-Zeitintervalls der Zählerwert  $Z_{\text{ab}}$  größer als Null ist. In diesem Fall gibt es mindestens einen aktiven Netzknoten im Netzwerk, dessen lokaler Kommunikationszeitplan nicht mit dem des prüfenden Netzknotens (und damit auch nicht mit dem vom Referenz-Netzknoten abgearbeiteten Kommunikationszeitplan) synchronisiert ist. Ist der Zählerwert  $Z_{\text{ab}}$  gleich null, so muss zum Passieren des Abfrageblocks 10 der Zählerwert  $Z_{\text{über}}$  größer oder gleich eins sein, da sonst der Referenz-Netzknoten nicht mehr aktiv ist und dies ebenfalls auf einen Fehler hindeutet. Ist ein Netzknoten so konfiguriert, dass er gemäß dem Kommunikationszeitplan keine Positionsnachricht versendet, so muss  $Z_{\text{über}}$  sogar mindestens zwei betragen, da ein solcher Netzknoten nicht in der Lage ist, einen Netzknoten im zweiten Pfad, der gerade allein versucht, die Kommunikation zu starten, in den synchronisierten Normalbetrieb zu überführen. Da ein Netzknoten im zweiten Pfad nur durch Positionsnachrichten erkennt, daß eine



Kommunikation zwischen mindestens zwei Netzknoten aufgebaut wurde, kann ein Netzknoten, der keine Positionsnachrichten versendet, lediglich in eine bestehende Kommunikation zwischen mindestens zwei Netzknoten, die Positionsnachrichten versenden, integriert werden.

Eine zweite Regel kann zulassen, dass ein Netzknoten synchronisiert ist, auch wenn fehlerhafte Netzknoten vorhanden sind. Die Verfügbarkeit der Kommunikation ist dann ein Optimierungskriterium, bei dem zum Passieren des Abfrageblocks 10 der Zählerwert  $Z_{ab}$  einen festgelegten Wert nicht überschreiten darf, der Zählerwert  $Z_{über}$  einen festgelegten Wert nicht unterschreiten darf oder aber eine Mehrheit an Übereinstimmungen ( $Z_{über} > Z_{ab}$ ) notwendig ist. Die Mehrheitsentscheidung ist vorteilhaft, da sie unabhängig von der Anzahl der aktiven, zur Entscheidungsfindung herangezogenen Netzknoten eine eindeutige Aussage zulässt. Bei festgelegten Grenzwerten für die Zählerwerte  $Z_{ab}$  oder  $Z_{über}$  muss sonst bei der Beurteilung auch das Verhältnis zu der Anzahl der insgesamt herangezogenen Netzknoten berücksichtigt werden. Auch hier gilt, dass für einen Netzknoten, der gemäß dem Kommunikationszeitplan keine eigene Positionsnachricht versendet,  $Z_{über}$  mindestens zwei betragen muss.

Wird die Prüfphase „Plau“ nach Anwendung einer der beiden oben angegebenen Regeln in dem Abfrageblock 10 erfolgreich abgeschlossen, so kann der Netzknoten in den synchronisierten Normalbetrieb übergehen. Damit erlangt der Netzknoten auch die Sendeberechtigung gemäß dem Kommunikationszeitplan.

In Fig. 3 ist die Prüfphase PZ eingezeichnet, die genau die Länge eines Kommunikationszyklus beträgt. Da lediglich der Referenz-Netzknoten K1 in dieser Phase von dem Netzknoten K2 bewertet werden kann, und dieser die Phasenlage des lokalen Kommunikationszeitplans im Netzknoten K2 vorgegeben hat (Netzknoten K1 ist der Referenz-Netzknoten für K2) ist die Prüfung in diesem Beispiel natürlich erfolgreich (Zählerwert  $Z_{über} = 1$ ). Mit Beginn des nächsten Kommunikationszyklus kann der Netzknoten K2 aktiv an der Kommunikation teilnehmen (dargestellt durch Kreis 22 in Fig. 2), d.h., er befindet sich im synchronisierten Normalbetrieb. In Fig. 3

ist dies daran erkennbar, dass die Positionsnachricht P5 vom Netzknoten K2 aktiv gesendet wird (Rechteck mit durchgezogener Linie) und daher auf dem Netzwerk N1 erscheint.

Stellt ein Netzknoten im Abfrageblock 10 fest, dass die Bedingung nicht erfüllt ist, geht er zurück zu Block 17 bzw. 18. In diesem Fall steht für den Netzknoten wieder über die Abfrageblöcke 18 und 19 die Entscheidung an, ob er in den ersten oder zweiten Pfad eintritt. Im Gegensatz zu dem Fall, in dem der Netzknoten direkt nach der Freigabe durch die übergeordnete Steuereinheit in Block 17 eintritt, ist nun die Integration, geführt durch einen bestimmten Referenz-Netzknoten, schon mindestens einmal gescheitert. Diese Information wird bei einer Entscheidung für eine passive Integration über den ersten Pfad in dem Abfrageblock 21 ausgewertet. Nach dem Empfang einer Positionsnachricht kann der Netzknoten innerhalb des Blockes 17 den Abfrageblock 18 zum Block 20 verlassen, da eine Positionsnachricht eine Synchronisation des lokalen Kommunikationszeitplans ermöglicht. Aus der Positionsnachricht wird im Block 20 der zugeordnete Netzknoten, der diese Positionsnachricht gesendet hat, bestimmt und als Referenz-Netzknoten gespeichert. Durch die anschließende Abfrage im Abfrageblock 21 muss sichergestellt werden, dass ein Netzknoten nicht dauerhaft und ausschließlich versucht, seinen Kommunikationszeitplan immer wieder zu dem Kommunikationszeitplan desselben Referenz-Netzknoten zu synchronisieren. Ohne einen solchen Mechanismus kann es sonst zu der folgenden, unerwünschten Situation kommen:

Ein sich fehlerhaft verhaltender Netzknoten, dessen Positionsnachricht zwar den Eintritt anderer Netzknoten in den ersten Pfad ermöglicht, aber dessen Kommunikationszeitplan zu dem globalen Kommunikationszeitplan, dem andere, schon aktive Netzknoten folgen, nicht synchronisiert ist, kann jegliche Integration weiterer Netzknoten verhindern. Besetzt dieser Netzknoten den ersten Nachrichtenzeitschlitz eines Kommunikationszyklus, wählen alle Netzknoten, die über den Abfrageblock 10 den ersten Pfad nach einer fehlgeschlagenen Prüfung verlassen, direkt denselben, fehlerhaften Netzknoten wieder für den nächsten Integrationsversuch aus. Ohne Vorkehrungen im vorgeschlagenen Mechanismus würde sich dieser Ablauf so lange wiederholen und die Integration weiterer Netzknoten verhindern, wie der fehlerhafte

Netzknoten aktiv bleibt.

Es muss also durch den Abfrageblock 21 sichergestellt werden, dass nach einem gescheiterten Integrationsversuch mindestens einmal ein anderer aktiver Netzknoten (nicht der Netzknoten der zuvor als Referenz-Netzknoten für den gescheiterten Integrationsversuch herangezogen wurde) die Möglichkeit bekommt, durch einen Netzknoten in dem Block 17 als Referenz-Netzknoten ausgewählt zu werden. Gleichzeitig muss aber auch sichergestellt werden, dass nicht eine kurzzeitige Störung (z.B. eine Übertragungsstörung, die den korrekten Empfang einer Positionsnachricht verhindert) bewirkt, dass ein Netzknoten den ersten Pfad verlassen muss und den aktuellen Referenz-Netzknoten dauerhaft für weitere Integrationsversuche ausschließt. Denn dadurch könnte der Netzknoten dann nicht in den synchronisierten Normalbetrieb übergehen kann, auch wenn sich der ausgeschlossenen Netzknoten nach dem gescheiterten Integrationsversuch fehlerfrei verhält.

Um diese Probleme zu umgehen, werden beispielsweise folgende Methoden verwendet:

Bei einer ersten Methode speichert ein Netzknoten, der aus dem ersten Pfad wieder in Block 17 eintritt, den vormaligen, für den Eintritt in ersten Pfad verwendeten Referenz-Netzknoten als Kref\_alt ab. Für die Dauer eines festgelegten Warte-Zeitintervalls wird der Netzknoten Kref\_alt nicht als Referenz-Netzknoten akzeptiert, d.h., wenn eine entsprechende Positionsnachricht von diesem Netzknoten empfangen wird, verbleibt der Netzknoten weiterhin in Block 17. Wird während dieses Warte-Zeitintervalls eine Positionsnachricht empfangen, aus der im Block 20 ein neuer Referenz-Netzknoten Kref\_neu bestimmt werden kann, wobei Kref\_neu nicht gleich Kref\_alt ist, so kann der Netzknoten den Abfrageblock 21 in Richtung erstem Pfad (Block 8) verlassen.

Um einen ständigen Wechsel zwischen zwei fehlerhaften Netzknoten zu vermeiden, kann auch eine feste oder zufällige Anzahl von Positionsnachrichten, die während des Aufenthalts in Block 17 empfangen werden, ausgelassen werden, bevor der Abfrageblock 18 wieder in Richtung Block 20 verlassen wird und ein erneuter Eintritt in den ersten Pfad möglich ist. Nach Ablauf des Warte-Zeitintervalls ohne einen erneuten Eintritt in den ersten Pfad, darf auch der bis dahin verbotene Referenz-

Netzknoten Kref\_alt wieder als neuer Referenz-Netzknoten für einen weiteren Eintritt in den ersten Pfad unter der Voraussetzung benutzt werden, dass eine neue Positionsnachricht von diesem Referenz-Netzknoten Kref\_alt empfangen wird und in Block 20 der entsprechende Netzknoten mit  $Kref\_neu = Kref\_alt$  bestimmt wird. Das Warte-Zeitintervall wird mit jedem Übergang von Abfrageblock 10 in den Block 17 neu gestartet. Die Länge des Warte-Zeitintervalls sollte geeigneterweise so gewählt werden, daß die Möglichkeit besteht, dass aus der Menge aller Netzknoten ein aktiver Netzknoten als Referenz-Netzknoten ausgewählt werden kann.

Bei einer zweiten Methode speichert ein Netzknoten, der aus dem ersten Pfad wieder in Block 17 eintritt, ebenso den vormaligen, für den Eintritt in ersten Pfad verwendeten Referenz-Netzknoten als Kref\_alt ab. Für die Dauer eines festgelegten Warte-Zeitintervalls wird der Netzknoten Kref\_alt nicht als Referenz-Netzknoten akzeptiert, d.h., wenn eine entsprechende Positionsnachricht von diesem Netzknoten empfangen wird, verbleibt der Netzknoten weiterhin in Block 17. Während dieses Warte-Zeitintervalls entscheidet der Netzknoten anhand einer gespeicherten Datenbasis, welchen Netzknoten als Referenz-Netzknoten für einen weiteren Integrationsversuch herangezogen wird. Der Abfrageblock 21 wird also nur dann in Richtung erstem Pfad verlassen, wenn der in Block 20 bestimmte Referenz-Netzknoten Kref\_neu in der Datenbasis vermerkt ist. Diese Datenbasis und die damit verbundene Reihenfolge, in der Netzknoten als Referenz-Netzknoten verwendet werden, kann statisch konfiguriert sein oder aber dynamisch, während der Phase erzeugt werden, in der ein Netzknoten im ersten Pfad verweilt. Die dynamisch erzeugte Datenbasis muss dann für jede Positionsnachricht einen Eintrag enthalten, die während des Aufenthalts des Netzknotens in den Blöcken 8 und 9 empfangen wurden.

Auch bei dieser zweiten Methode ist es möglich, dass nach Ablauf des Warte-Zeitintervalls ohne einen erneuten Eintritt in den ersten Pfad, auch der bis dahin verbotene Referenz-Netzknoten Kref\_alt wieder als neuer Referenz-Netzknoten für einen weiteren Eintritt in den ersten Pfad unter der oben genannten Voraussetzung verwendet werden darf.

Mit Hilfe der Datenbasis können auch kompliziertere Algorithmen umgesetzt werden,

die eine längere Überwachung des bisherigen Verlaufs für die Integration eines Netzknotens zulassen. Beispielsweise können alle Netzknoten, die als Referenz-Netzknoten für einen gescheiterten Integrationsversuch herangezogen worden sind, solange als Referenz-Netzknoten gesperrt bleiben, bis alle Netzknoten, die in der Datenbasis gespeichert sind, einmal als Referenz-Netzknoten benutzt worden sind.

Zusätzlich kann ein weiteres Warte-Zeitintervall definiert werden, welches mit dem ersten Scheitern eines Integrationsversuches gestartet wird und nach dessen Ablauf wieder alle Netzknoten als Referenz-Netzknoten herangezogen werden können. Dies bewirkt, dass wieder alle Netzknoten als potentielle Referenz-Netzknoten zur Verfügung stehen, wenn durch das Auswahlverfahren für einen Referenz-Netzknoten anhand der beschriebenen Datenbasis keine Integration erreicht werden konnte.

Im folgenden wird beschrieben, was geschieht, wenn ein Netzknoten die Abfrage im Abfrageblock 19 bejaht und in den zweiten Pfad eintritt. Hier versucht er dann selbst aktiv die Kommunikation aufzubauen. In einem ersten Schritt muss die Situation aufgelöst werden, dass mehr als ein Netzknoten in den zweiten Pfad eintritt.

Ohne das Senden eines Kollisionssymbols KO kann die in Fig. 4 dargestellte Situation auftreten. Der Netzknoten K2 betritt den zweiten Pfad bei Ereignis E2 und der Netzknoten K1 zeitlich versetzt bei Ereignis E3 (zwei Nachrichtenzeitschlitze später). Die Ereignisse E2 und E3 werden nach Ablauf der Abfragen in den Abfrageblöcken 18 und 19 in Block 17 ausgelöst. Beide Netzknoten K1 und K2 starten lokal ihren Kommunikationszyklus und senden gemäß dem Kommunikationszeitplan ihre Positionsnachrichten. Der Netzknoten K1 sendet die Positionsnachricht P3 und der Netzknoten K2 sendet zeitgleich die Positionsnachricht P5. Beide Nachrichten kollidieren auf dem Netzwerk N1 und sind daher für andere Netzknoten nicht korrekt zu empfangen. Ist für die sendenden Netzknoten K1 und K2 die Kollision nicht erkennbar, wie es z.B. für optische Übertragungsmedien der Fall ist, so werden beide Netzknoten dauerhaft versuchen eine Kommunikation aufzubauen. Da die anderen Netzknoten jedoch keine korrekte Positionsnachricht empfangen können, auf der anderen Seite aber ständige Netzwerkaktivität den Eintritt eines weiteren Netzknotens in den zweiten Pfad verhindert, wird dauerhaft eine Kommunikation zwischen den Netzknoten des

Netzwerks verhindert.

Daher beginnt der zweite Pfad im Ablaufdiagramm mit der Angabe, dass zuerst ein Kollisionssymbol KO ausgesendet wird (Block 11). Anschließend wird der Kommunikationszeitplan periodisch abgearbeitet. Das Kollisionssymbol KO ist kein Element des Kommunikationszeitplans. Das Kollisionssymbol KO kann eine beliebige Ausprägung haben, allerdings darf es sich nicht um eine gültige Positionsnachricht handeln.

Aus Fig. 5 wird deutlich, welcher Effekt die Einführung des Kollisionssymbols KO für die Auflösung einer Situation mit mehr als einem Netzknoten im zweiten Pfad hat. Dadurch, dass jeder Netzknoten vor der Abarbeitung seines lokalen Kommunikationszeitplans dieses Kollisionssymbol KO schickt, besteht zwischen dem Kollisionssymbol KO und der eigenen Positionsnachricht gemäß dem Kommunikationszeitplan eine im Netzwerk einmalige Zeitspanne. Das bedeutet, dass Netzknoten, die zur selben Zeit in den zweiten Pfad eintreten und ein Kollisionssymbol KO senden, in dem darauffolgenden jeweiligen Kommunikationszyklus in jedem Fall zu unterschiedlichen Zeiten ihre Positionsnachricht absetzen. Die Positionsnachrichten von verschiedenen Netzknoten können dann nicht mehr kollidieren. Einem Netzknoten wird es dadurch möglich eine Positionsnachricht zu empfangen, die vor der eigenen Positionsnachricht im Kommunikationszeitplan liegt und auf dem Netzwerk beobachtbar ist. Daraufhin verlässt dieser Netzknoten den zweiten Pfad und kehrt wieder nach Block 17 zurück. Es verbleibt lediglich der Netzknoten im zweiten Pfad, der als erstes seine Positionsnachricht gesendet hat.

Aus Fig. 5 wird deutlich, dass die Netzknoten K1 und K2 jeweils gleichzeitig in den zweiten Pfad eintreten, nachdem zur selben Zeit die Beobachtungs-Zeitintervalle im Block 17 abgelaufen sind (Ereignis E4 und E5). Sowohl der Netzknoten K1 als auch der Netzknoten K2 senden ihr jeweiliges Kollisionssymbol KO. Danach starten beide Netzknoten mit der Abarbeitung ihres lokalen Kommunikationszeitplans. Durch das Kollisionssymbol KO sind beide Netzknoten innerhalb des zweiten Pfads zeitlich synchronisiert. Ein zeitlicher Versatz zwischen zwei Netzknoten im zweiten Pfad, wie

er in Fig. 4 dargestellt und in einem System ohne Kollisionssymbol KO möglich wäre, kann nicht mehr auftreten. Sobald ein Netzknoten früher als ein anderer Netzknoten in den zweiten Pfad eintritt, verhindert er den Eintritt weiterer Netzknoten in den zweiten Pfad durch das Senden des Kollisionssymbols KO, welches bei den übrigen Netzknoten im Block 17 einen Neustart des Beobachtungs-Zeitintervalls bewirkt.

Gemäß dem Kommunikationszeitplan sendet der Netzknoten K1 als erstes seine Positionsnachricht P3 (vgl. Fig. 5). Das wird im Ablaufdiagramm in Block 12 durch „SendPos“ dargestellt. Die Positionsnachricht P5 des Netzknotens K2 liegt im Kommunikationszeitplan zeitlich später. Der Netzknoten K2 sendet aber seine Positionsnachricht P5 gar nicht mehr, da er die Positionsnachricht P3 von Netzknoten K1 empfängt (Ereignis E6). Die Prüfung, ob ein anderer Netzknoten schon eine Positionsnachricht gesendet hat, wird im Ablaufdiagramm der Fig. 2 im Block 13 durch „CheckAct“ dargestellt. Hat ein Netzknoten (hier Netzknoten K2) eine Positionsnachricht festgestellt, verlässt er den zweiten Pfad und geht von Block 13 zum Block 17, um ein neues Beobachtungs-Zeitintervall zu starten. In Fig. 5 ist weiterhin dargestellt, dass der Netzknoten K2 dann mit dem Empfang der nächsten Positionsnachricht P3 in den ersten Pfad eintritt (Ereignis E7). Dabei werden die Abfrageblöcke 18 und 21 passiert und vom Netzknoten K2 der Netzknoten K1 als Referenz-Netzknoten ausgewählt. Durch die verfügbare Positionsinformation P3 kann der Netzknoten K2 die Phasenlage seines lokalen Kommunikationszeitplans entsprechend anpassen. Nachfolgend durchläuft der Netzknoten K2 die Prüfphase „Plau“ in Block 9, die er erfolgreich abschließt, da der Referenz-Netzknoten K1 als einziger Netzknoten zur Prüfung herangezogen wird, und die Phasenlage des lokalen Kommunikationszeitplans des Netzknotens K2 bestätigt ( $K_{\text{über}} = 1$ ,  $K_{\text{ab}} = 0$ ) wird. Mit Beginn des nächsten Kommunikationszyklus geht der Netzknoten K2 in den synchronisierten Normalbetrieb über (Ereignis E8).

In der Phase in Block 14 sendet ein Netzknoten gemäß dem Kommunikationszeitplan seine Positionsnachricht (Block 12, Phase "SendPos"). In der übrigen Zeit, d.h., wenn der Netzknoten nicht aktiv sendet, prüft er, ob auf dem Verbindungs-Netzwerk Sendeaktivität eines anderen Netzknotens empfangen werden kann (Block 13, Phase "CheckAct"). Der Netzknoten verbleibt für eine festgelegte Anzahl von

Kommunikationszyklen in der Phase in Block 14, dabei stehen die Phasen "SendPos" und "CheckAct" nicht zeitlich sequentiell hintereinander, sondern werden gemäß dem Kommunikationszeitplan durchlaufen.

Auch für die Prüfung „CheckAct“ in Block 13, ob ein Empfangsereignis aufgetreten ist, welche den Übergang zu Block 17 bewirkt, können verschiedene die Entscheidung beeinflussende Regeln definiert werden.

Für ein Netzwerk, welches nicht auf fehlerhaft agierende Netzknoten oder gestörte Nachrichten reagiert oder das Auftreten von Fehlern toleriert, kann folgende Regel definiert werden:

Jede korrekte Positionsnachricht wird als Empfangsereignis in Block 13 gewertet und bewirkt, daß ein Netzknoten daraufhin in Block 17 zurückkehrt. Dadurch wird sichergestellt, dass nur ein Netzknoten im zweiten Pfad verbleibt.

Für ein Netzwerk, welches fehlerhaft agierende Netzknoten oder gestörte Nachrichten toleriert, d.h. in vorhersagbarer Weise auf deren Verhalten reagieren muss, kann folgende Regel definiert werden:

Jede korrekte Positionsnachricht, aber auch ein Kollisionssymbol oder eine gestörte Nachricht (z.B. durch einen erkannten Fehler im Code-Sicherungsverfahren, wie z.B. einer CRC Prüfsumme, detektierbar) wird als Empfangsereignis in Block 13 gewertet. Diese Regel kann auch noch weiter gefasst werden, so dass der Empfang eines bestimmten Teilmerkmals einer Nachricht oder sogar jede Art von Netzwerkaktivität, die ein eventuell vorhandenen Störfilter im Empfangspfad überwindet, als Empfangsereignis in Block 13 gewertet wird. Je weniger spezifisch das Empfangsereignis für ein Netzwerk definiert wird, desto empfindlicher reagiert ein Netzknoten im zweiten Pfad auf Störungen und auf sich fehlerhaft verhaltende Netzknoten. Der Netzknoten im zweiten Pfad geht dann in die Ausgangsphase in Block 17 zurück und beobachtet das weitere Kommunikationsgeschehen, d.h. startet erneut sein Beobachtungs-Zeitintervall.



Die vorgegebene Anzahl von Kommunikationszyklen, in denen ein Netzknoten in Block 14 verweilt, hängt von der Dauer der Phasen der Blöcke 8 und 9 ab. Es muss verhindert werden, dass ein Netzknoten im ersten Pfad den Abfrageblock 10 erfolgreich passiert, während der Referenz-Netzknoten durch eine geringe Störung in der Phase im Block 14 wieder zurück zum Block 17 geht. Eine Bedingung für die Dimensionierung der Zeitintervalle einerseits in dem Block 14 und andererseits in den Blöcken 8 und 9 zueinander ergibt sich daher wie folgt:

Der Netzknoten im zweiten Pfad darf sich nicht mehr in Block 14 befinden, sondern muss schon in Block 15 sein, wenn ein Netzknoten im ersten Pfad sein Prüf-Zeitintervall abarbeitet, an dessen Ende über den Abfrageblock 10 der Eintritt in den synchronisierten Normalbetrieb möglich ist.

Für das in Fig. 2 angegebene Ablaufdiagramm ist für die Abarbeitung in Block 14 ein Kommunikationszyklus ausreichend, wenn die Abarbeitung in Block 8 innerhalb des Kommunikationszyklus, in der die Positionsnachricht zur Referenzbestimmung empfangen wurde, abgeschlossen wird und das Prüf-Zeitintervall (Block 9) mit dem nächsten Kommunikationszyklus beginnt. Innerhalb dieses einen Kommunikationszyklus im Block 14 wird der parallele Eintritt von mehr als einem Netzknoten in den zweiten Pfad ebenfalls aufgelöst. Dauert die Phase des Blocks 8 länger, so wird auch die Länge der Phase in Block 14 für das Netzwerk angepasst (verlängert). Wichtig ist, dass sich ein Netzknoten im zweiten Pfad so lange wie möglich in der Phase des Blockes 14 befindet, um auf alle möglichen Fehler reagieren zu können (Block 13).

Hat der Netzknoten im zweiten Pfad die vorgegebene Anzahl an Kommunikationszyklen in Block 14 verbracht, und wurde er nicht durch ein Empfangsereignis in Block 17 zurückversetzt, so geht er zu Block 15 über. Auch während sich der Netzknoten in der Phase des Blocks 15 befindet, sendet er weiterhin gemäß dem Kommunikationszeitplan seine Positionsnachricht. Zusätzlich verifiziert der Netzknoten in Block 15 („Verif“), ob er erfolgreich eine Kommunikation zu mindestens einem weiteren Netzknoten aufgebaut hat. Genauso wie bei Block 9 kann ein Netzknoten Positionsnachrichten anhand des eigenen Kommunikationszeitplans

bewerten. Eintreffende Positionsnachrichten können daraufhin überprüft werden, ob die enthaltene Positionsinformation, die eine Aussage über die aktuelle Position des Sende-Netzknotens innerhalb des Kommunikationszyklus beinhaltet, mit dem lokalen Verständnis übereinstimmt. Ein Verifikations-Zeitintervall, welches der Netzknoten im zweiten Pfad in Block 15 zur Verifikation der eigenen Sicht gegenüber der aus den empfangenen Positionsnachrichten abgeleiteten Sicht der anderen Netzknoten nutzt, ist vorab festgelegt. Es umfasst mindestens einen Kommunikationszyklus, damit alle Netzknoten in die Prüfung einbezogen werden können. Vorteilhafterweise ist das Verifikations-Zeitintervall zum Kommunikationszyklus synchronisiert, d.h. es beginnt mit dem Anfang eines Kommunikationszyklus. Anders als in der Prüfphase im Block 9, wird das Verifikations-Zeitintervall zyklisch wiederholt, solange keine Positionsnachricht im Verifikations-Zeitintervall empfangen worden ist (Prüfphase in Block 15). Diese Situation entsteht z.B. dann, wenn ein Netzknoten früher als die anderen Netzknoten des Netzwerks die Freigabe durch die übergeordnete Steuereinheit erhält. Dann durchläuft dieser Netzknoten die Blöcke 17, 11 und 14 und tritt in den Block 15 ein, ohne dass schon ein anderer Netzknoten überhaupt auf die Vorgabe des Kommunikationszeitplans reagieren, d.h. sich dazu synchronisieren kann. Ein Netzknoten kann also für eine längere Zeit in Block 15 verweilen, und darauf warten, dass ihn ein oder mehrere Netzknoten als Referenz-Netzknoten auswählen, über den ersten Pfad in den synchronisierten Normalbetrieb übergehen, und dann aktiv eine Positionsnachricht senden, die der Netzknoten in Block 15 empfangen kann. Wird ein Verifikations-Zeitintervall abgeschlossen, ohne dass eine Positionsnachricht empfangen wurde, so wird ein neues Verifikations-Zeitintervall in Block 15 gestartet und noch keine Bewertung und Abfrage in dem nachfolgenden Abfrageblock 16 vollzogen.

Während des Verifikations-Zeitintervalls wird jeder Netzknoten, der durch seine Positionsnachricht die Phasenlage seines lokalen Kommunikationszeitplans mitteilt, in eine Kategorie eingeordnet. Entweder die lokale Phasenlage des Kommunikationszeitplans im Sende-Netzknoten deckt sich mit der des vorgehenden Netzknoten im zweiten Pfad oder sie stimmt nicht überein. In beiden Fällen wird ein jeweils entsprechender Zähler für die Übereinstimmungen ( $Z_{\text{über}}$ ) und die Abweichungen ( $Z_{\text{ab}}$ ) inkrementiert und am Ende des Verifikations-Zeitintervalls ausgewertet. Innerhalb des Verifikations-Zeitintervalls wird jeder Netzknoten nur

einmal berücksichtigt. Der Abfrageblock 16 wird nur dann erfolgreich passiert, wenn die Mehrheit der aktiven Netzknoten ihre lokalen Kommunikationszeitpläne zueinander synchronisiert abarbeiten, d.h.  $Z_{\text{über}}$  größer als  $Z_{\text{ab}}$  ist.

Der Netzknoten, der sich in dem Block 15 befindet, wird als Vorgabe-Netzknoten bezeichnet. Dieser Vorgabe-Netzknoten muss bei Block 15 berücksichtigen, dass er selbst aktiv Positionsnachrichten versendet. Daher muss er sich selbst als synchronisierten Netzknoten bei der Entscheidungsfindung in dem Abfrageblock 16 berücksichtigen. Dies kann durch eine Vorinitialisierung des Zählers  $Z_{\text{über}}$  mit dem Zählerwert eins geschehen oder aber durch Anpassung der Abfrage im Abfrageblock 16 abgedeckt werden. Der Übergang in den synchronisierten Normalbetrieb findet dann statt, wenn  $Z_{\text{über}}$  größer oder gleich  $Z_{\text{ab}}$  ist. Dadurch, dass sich der Vorgabe-Netzknoten selbst bei der Verifikation einer synchronisierten Kommunikation mitzählt, kann eine kritische Situation mit nur 2 weiteren Netzknoten, von denen einer fehlerhaft arbeitet, verhindert werden. Würde der Vorgabe-Netzknoten nicht mitgezählt, würde in dem Fall mit einem korrekt arbeitenden Netzknoten und einem zweiten fehlerhaft arbeitenden Netzknoten, der Vorgabe-Netzknoten zu Block 17 zurückkehren. Solange dann die verbleibenden zwei Netzknoten mit nicht übereinstimmender Phasenlage des Kommunikationszeitplans ihre Positionsnachrichten senden, kann kein weiterer Netzknoten synchronisiert werden, da diese Konstellation immer zu einem Abbruch im Block 9 und 10 des ersten Pfads führt.

Da der Vorgabe-Netzknoten im zweiten Pfad aktiv seine Positionsnachricht versendet, kann er davon ausgehen, dass Netzknoten im ersten Pfad ihn als Referenz-Netzknoten herangezogen haben und diese Nachricht zur Prüfung in Block 9 verwenden. Im fehlerfreien Fall werden dann während des Verifikations-Zeitintervalls nur Positionsnachrichten empfangen, die den Referenz-Netzknoten im zweiten Pfad bestätigen.

Kann ein Netzknoten die Abfrage „SyncNK?“ im Abfrageblock 16 erfolgreich passieren, so tritt er in den synchronisierten Normalbetrieb ein. Hat ein Netzknoten während eines Verifikations-Zeitintervalls mindestens eine Positionsnachricht empfangen und steht daher die Entscheidung im Abfrageblock 16 an, so muss er zum Block 17 zurückkehren, falls er abgewiesen wird. Wird der Zählerwert  $Z_{\text{über}}$  zu

Beginn der Verifikations-Zeitintervall mit dem Wert eins initialisiert, so wird der Netzknoten im Abfrageblock 16 abgewiesen, wenn der Zählerwert  $Z_{ab}$  größer oder gleich dem Zählerwert  $Z_{über}$  ist.

In einem stark gestörten Umfeld (z.B. Einstrahlung auf das Netzwerk) kann es passieren, dass ein Netzknoten den Block 17 nicht verlassen kann, da weder korrekte Positionsnachrichten empfangen werden, noch das Beobachtungs-Zeitintervall abläuft, welches für eine festgelegte Dauer Ruhe im Netzwerk signalisiert. Soll ein Netzwerk aber auch in diesem Fall synchronisiert werden, so muss für die Netzknoten eine Rückfallebene definiert werden, die es einem Netzknoten erlaubt, in einem solchen Fall trotzdem in den zweiten Pfad einzutreten. Dazu wird ein Zeitfenster-Zähler mit dem Eintritt in Block 17 gestartet, welcher auch dann nicht neu gestartet wird, sobald Netzwerkaktivität vom Netzknoten empfangen wird. Dieses Zeitfenster ist größer als das reguläre Beobachtungs-Zeitintervall. Läuft dieses Zeitfenster ab, so geht ein Netzknoten in den zweiten Pfad zu Block 11 und versucht eine Kommunikation aufzubauen. Verlässt ein Netzknoten vor Ablauf dieses Zeitfensters den Block 17, so wird der Zeitfenster-Zähler gestoppt. Scheitert der Netzknoten dann im ersten oder zweiten Pfad, so kann der Zeitfenster-Zähler entweder zurückgesetzt werden oder aber ab dem gespeicherten Stand vor Eintritt in den ersten oder zweiten Pfad weiterlaufen. Die Auswahl einer dieser Alternativen führt zu unterschiedlichen Strategien für die Rückfallebene, die sich im wesentlichen in der Zeit unterscheiden, nach der ein Netzknoten aufgrund des abgelaufenen Zeitfensters in den zweiten Pfad eintritt.

Ein Netzknoten, der über eine gestörte, hier nicht dargestellte Empfangsschaltung verfügt, kann zwar noch Nachrichten senden, aber nicht empfangen. Ein solcher Netzknoten wird den zweiten Pfad betreten, da innerhalb des Beobachtungs-Zeitintervalls in Block 17 keine Netzwerkaktivität erkennbar ist (auch wenn sich schon längst andere Netzknoten z.B. im synchronisierten Normalbetrieb befinden). Er wird sich dann für immer im Block 15 aufhalten, da der Abfrageblock 16 den Netzknoten nicht in den synchronisierten Normalbetrieb übergehen lässt. Trotzdem sendet der Netzknoten dauerhaft seine Positionsnachricht und stört damit die eventuell parallel laufende Kommunikation anderer Netzknoten. Als Abhilfe kann hier eine weitere Rückfallebene definiert werden, die nach Ablauf einer festgelegten Zeit, in welcher der

Netzknoten über den zweiten Pfad sich nicht synchronisieren kann, dafür sorgt, dass ein Netzknoten die Berechtigung für den Eintritt in den zweiten Pfad verliert. Dazu kann beispielsweise ein Zähler definiert werden, der die Anzahl der Kommunikationszyklen zählt, in denen sich der Netzknoten im zweiten Pfad aufgehalten hat. Erreicht der Zähler einen festgelegten Grenzwert, so kann der Netzknoten den Abfrageblock 19 nicht mehr in Richtung Block 11 passieren. Lediglich die passive Integration über den ersten Pfad ist dann für diesen Netzknoten noch möglich. Dieser Zustand kann lediglich durch die übergeordnete Steuereinheit aufgehoben werden.

Es kann auch eine zusätzliche Regel für den Abfrageblock 19 vorgeschrieben werden, die besagt, daß ein Netzknoten nur dann in den zweiten Pfad eintreten kann, wenn er dazu durch die übergeordnete Steuereinheit eine spezielle Freigabe erteilt. In diesem Fall kann ein Netzknoten solange nicht aktiv versuchen, eine Kommunikation aufzubauen, bis die übergeordnete Steuereinheit dies explizit zulässt. In dieser Phase kann der Netzknoten jedoch über den ersten Pfad in eine laufende Kommunikation integriert werden. Dadurch hat die übergeordnete Steuereinheit in einem Netzknoten die Kontrolle darüber, in welcher Rolle, d.h., über welchen Pfad der Netzknoten in die Kommunikation einsteigt.

Wird einem Netzknoten durch die übergeordnete Steuereinheit im Netzknoten allgemein die Sendeberechtigung vorenthalten, so kann auch dann der Netzknoten nicht in den zweiten Pfad eintreten, jedoch über den ersten Pfad sich zu einem vorgegebenen Kommunikationszeitplan synchronisieren. Das Vorenthalten der Sendeberechtigung kann z.B. dann vorteilhaft sein, wenn zur Diagnose lediglich die Kommunikation überwacht werden soll, ohne aktiv daran teilzunehmen. Für den Übergang in den synchronisierten Normalbetrieb, wobei sich der Netzknoten auch dann noch weiter passiv verhält, gelten dann die gleichen Regeln bei dem Abfrageblock 10, wie für Netzknoten, die keine eigene Positionsnachricht verschicken.

Die Synchronisation der Phasenlagen der lokalen Kommunikationszeitpläne innerhalb der Netzknoten ist die notwendige Voraussetzung, damit überhaupt das Medienzugriffsverfahren im Normalbetrieb und damit der deterministische Datenaustausch mittels des Verbindungs-Netzwerks möglich ist. Darüber hinaus können aber auch weitere Parameter lokal in einem Netzknoten verwaltet werden, die zu einer globalen

Übereinstimmung gebracht werden müssen. Ein Beispiel ist ein Zykluszähler für die Kommunikationszyklen, der lokal in den jeweiligen Netzknoten verwaltet wird. Wird dessen aktueller Zählerstand mit einer Nachricht versendet, so kann der Zählerstand beim Empfänger zur Validierung der mitübertragenen Daten herangezogen werden, indem der übertragene Zählerstand gegen den lokalen Zählerstand verglichen wird. Außerdem kann z.B. die Messphase der globalen Uhrensynchronisation anhand des lokalen Zählerstands eines Zyklenzählers im jeweiligen Netzknoten Netzwerk-weit synchronisiert werden.

Des weiteren kann ein solcher Zykluszähler dazu verwendet werden, die Datenfelder innerhalb einer Nachricht abhängig vom aktuellen Zykluszählerstand mit verschiedenen Inhalten zu füllen. Diese Entscheidung wird dann beim Empfänger anhand des eigenen Zykluszählers, der zu dem des Senders synchronisiert ist, nachvollziehbar, ohne dass eine Information über den Inhalt mit übertragen werden muss. Für solche Parameter, wie den beschriebenen Zykluszähler, kann dasselbe Verfahren verwendet werden, wie es für die Synchronisation der Phasenlagen der Kommunikationszeitpläne beschrieben wurde. Dadurch kann ein Netzknoten im zweiten Pfad seinen Parametersatz (z.B. den Zählerstand des Zykluszählers) an alle Netzknoten verteilen, die diesen dann zur Initialisierung ihrer lokalen Parametersätze (z.B. Zykluszähler) verwenden. Die Mechanismen zur Prüfung finden auch hier analog ihre Anwendung. Beispielsweise kann die bislang beschriebene Positionsnachricht auch noch weitere Parameter enthalten, und in den Phasen des Blocks 9 und des Blocks 15 werden nur dann die Zähler für eine Übereinstimmung ( $Z_{\text{über}}$ ) inkrementiert, wenn alle zu synchronisierenden Parameter übereinstimmen. Bei einer oder mehreren Abweichungen innerhalb des Parametersatzes wird dann der entsprechende Zähler ( $Z_{\text{ab}}$ ) inkrementiert.

Bei Netzwerken, in denen jeder Netzknoten mit einer eigenen Taktquelle versorgt wird, sind in der Praxis immer Unterschiede in den Taktfrequenzen zu beobachten, auch wenn alle Taktquellen mit der selben Nominalfrequenz arbeiten. In Abhängigkeit von der verwendeten Taktquelle sind anfängliche Toleranzen in der tatsächlichen Frequenz und weitere Frequenzänderungen z.B. durch Alterung nicht zu vermeiden.

Während des synchronisierten Normalbetriebs wird durch die weiter vorne beschriebene globale Uhrensynchronisation sichergestellt, dass die zeitliche Lage und die Länge der Kommunikationszeitpläne aller Netzknoten im Rahmen der für das Netzwerk spezifischen Auflösung bzw. Genauigkeit übereinstimmen. Ein Netzknoten kann nur dann eine Synchronisation durch Anpassung der Phase seines Kommunikationszeitplans ausführen, wenn die Frequenzunterschiede bzw. Ungenauigkeiten der lokalen Taktquellen gering sind. Es muss nämlich sichergestellt werden, dass zwischen den Phasen der Blöcke 8 und 9 bzw. 14 und 15 keine Verschiebung der Kommunikationszeitpläne gegeneinander erfolgt. Die Maßnahmen zur Synchronisation im laufenden Betrieb brauchen dann erst mit Eintritt in den synchronisierten Normalbetrieb gestartet werden.

Für Netzwerke, bei denen z.B. aus Kostengründen Taktquellen mit großen Toleranzen eingesetzt werden, oder bei denen aufgrund der langen Lebensdauer mit hohen Abweichungen von der Nominalfrequenz gerechnet werden muss, kann die oben genannte Annahme nicht garantiert werden. In diesem Fall ergäbe sich zwischen den Phasen der Blöcke 8 und 9 bzw. 14 und 15 eine Verschiebung der Kommunikationszeitpläne, die eine Synchronisierung nicht ermöglicht

Um dieses Problem zu lösen, wird erfindungsgemäß das in Fig. 2 dargestellte Ablaufdiagramm durch weitere Blöcke ergänzt, so dass sich ein erweitertes Ablaufdiagramm in Fig. 6 ergibt. Der erste Pfad ist durch einen Block 23 zwischen dem Abfrageblock 21 und Block 8 und durch einen Abfrageblock 24 zwischen den Blöcken 8 und 9 ergänzt.

Der Block 23 führt eine Angleichung des lokalen Uhrentaktes des sich einbindenden Netzknotens an den des Referenz-Netzknotens durch. Dabei wird in dem Netzknoten mit dem ersten Auftreten der Positionsnachricht des Referenz-Netzknotens eine Messphase gestartet, die mit dem zweiten Auftreten der Positionsnachricht des Referenz-Netzknotens gestoppt wird. Damit ist die Dauer des Kommunikationszyklus des Referenz-Netzknotens für den Netzknoten im ersten Pfad bekannt. Anschließend wird der lokale Uhrentakt des Netzknotens und dementsprechend die Dauer seines lokalen Kommunikationszyklus an den Uhrentakt des Referenz-Netzknotens angeglichen. Diese Phase wird im Block 23 mit „AnglCl“ dargestellt. Danach arbeitet

der Netzknoten (z.B. in der Phase „AnglPh“) mit dem angepassten Uhrentakt.

Nachdem der lokale Uhrentakt angepasst worden ist, wird erst mit der zweiten Positionsnachricht des Referenz-Netzknotens die Angleichung der Phasenlage des lokalen Kommunikationszeitplans zu der Phasenlage des Kommunikationszeitplans des Referenz-Netzknotens vorgenommen (in Block 8). Falls die zweite Positionsnachricht nach Ablauf eines Halte-Zeitintervalls nicht aufgetreten ist, geht der Netzknoten in die Ausgangsphase, nämlich zu Block 17 zurück. Diese Abfrage wird im Abfrageblock 24 durchgeführt und als „SynAn ?“ bezeichnet. Die Dauer dieses Halte-Zeitintervalls muss mindestens gleich der Dauer eines Kommunikationszyklus und dem maximal möglichen Versatz zwischen den Phasenlagen der lokalen Kommunikationszyklen von zwei nicht synchronisierten Netzknoten sein. Wenn der Netzknoten in die Ausgangsphase zurückkehrt, wird der lokale Uhrentakt des Netzknotens wieder auf die Nominaleinstellung zurückgesetzt. Das bedeutet, dass die Korrektur zur Angleichung des Uhrentaktes an den Referenz-Netzknoten wieder rückgängig gemacht werden.

Die bisher beschriebenen Maßnahmen können so erweitert werden, dass ein Netzknoten in dem ersten Pfad des Ablaufdiagramms während der Prüfphase in Block 9 schon die Maßnahmen zur fehlertoleranten, globalen Uhrensynchronisation ausführt, die weiter vorne beschrieben sind. Ein Netzknoten wertet dazu die Synchronisationsinformation aller empfangenen Positionsnachrichten aus, d.h. dieser bestimmt die Abweichung in der Phasenlage zwischen den lokalen Kommunikationszeitplänen der sendenden Netzknoten und des eigenen Kommunikationszeitplans während der Prüfphase in Block 9. Ein Netzknoten im ersten Pfad kann nur dann in den synchronisierten Normalbetrieb übergehen, wenn das Verfahren zur globalen, fehlertoleranten Uhrensynchronisation, das auf den während der Prüfphase in Block 9 empfangenden Positionsnachrichten basiert, signalisiert, dass eine Synchronisation im Rahmen der erzielbaren Genauigkeit erreicht wurde. Wurden Korrekturterme ermittelt, die anzeigen, dass der Netzknoten außerhalb der zulässigen, zeitlichen Abweichung liegt, muß der Netzknoten beim Abfrageblock 10 abgewiesen werden.

Die globale Uhrensynchronisation basiert auf einem Raster, bestehend aus der Messphase zu einer Korrekturtermbestimmung und der Korrekturphase zur



Angleichung der lokalen Phasenlage des Kommunikationszeitplans sowie eventuell zur Angleichung des lokalen Uhrentaktes. Werden z.B. zwei aufeinanderfolgende Kommunikationszyklen für die Messphase benötigt, um einen Korrekturterm für den lokalen Uhrentakt bestimmen zu können, und darf die Korrekturphase zur Angleichung der Phasenlage des Kommunikationszeitplans die Messphase nicht stören, so müssen alle Netzknoten eines Netzwerks einheitlich das gleiche, synchronisierte Ablaufschema bestehend aus Mess- und Korrekturphase verfolgen. Diese Periode, z.B. bestehend aus zwei Kommunikationszyklen, muss in allen Netzknoten immer zu einem Raster synchronisiert werden, welches dann auf dem Zykluszähler abgestützt werden kann. Beispielsweise kann dieses Raster immer mit einem Kommunikationszyklus mit einem geraden Zählerstand beginnen. Dann kann ein sich in Block 17 befindlicher Netzknoten auch nur dann in den ersten Pfad eintreten, wenn er eine Positionsnachricht mit einem Zählerstand empfängt, der eine Synchronisation zu dem Raster sicherstellt. Die Abweisung kann dann durch den Abfrageblock 21 sichergestellt werden. Vor dem Eintritt in die Prüfphase in Block 8 setzt ein Netzknoten seinen lokalen Zykluszähler auf den Wert, den er aus der empfangenen Positionsnachricht des Referenz-Netzknotens entnehmen kann. Mit Hilfe des Zykluszählers synchronisiert sich der Netzknoten auf ein Raster, welches im gesamten Netzwerk einheitlich abgearbeitet werden muß. Daher muß dann auch der Wert des Zykluszählers innerhalb der Prüfphase in Block 9 mit denen der anderen aktiven Netzknoten verglichen werden. Eine Übereinstimmung ist für den Übergang in den synchronisierten Normalbetrieb eine notwendige Voraussetzung, die zusätzlich durch Abfrageblock 10 sichergestellt werden muss.

Ebenso kann ein Netzknoten im zweiten Pfad während der Prüfphase in Block 15 ebenfalls die Maßnahmen zur fehlertoleranten, globalen Uhrensynchronisation ausführen. Ein Netzknoten im zweiten Pfad kann nur dann in den synchronisierten Normalbetrieb übergehen, wenn die Verfahren zur Uhrensynchronisation basierend auf den Positionsnachrichten, die während der Prüfphase in Block 9 empfangen werden konnten, signalisieren, dass eine Synchronisation im Rahmen der erzielbaren Genauigkeit erreicht wurde. Ansonsten wird der Netzknoten im Abfrageblock 16 abgewiesen.

Bei dem bislang beschriebenen Verfahren vereint die Positionsnachricht auch die Merk-

male einer Synchronisationsnachricht in sich. Das bedeutet, dass das exakte zeitliche Auftreten dieser Synchronisationsnachricht vom empfangenden Netzknoten gemessen und gegen den erwarteten Empfangszeitpunkt verglichen wird, um daraus die Abweichung zwischen der Lage der lokalen Kommunikationszeitpläne des empfangenden Netzknotens und des Referenz-Netzknotens und damit zwischen den lokalen Uhren zu bestimmen. Durch den Vergleich, d.h. die Differenzbildung, zweier aufeinanderfolgender Abweichungsterme, bestimmt aus der Synchronisationsnachricht des selben Netzknotens, kann ein Korrekturterm für den lokalen Uhrentakt bestimmt werden. Auch für die Synchronisationsnachricht gilt, dass ein empfangender Netzknoten in der Lage sein muss, die Synchronisationsnachricht eindeutig dem entsprechenden Referenz-Netzknoten zuzuordnen zu können. Für die Bestimmung der Korrekturterme aus allen gemessenen Abweichungen muss sichergestellt sein, dass nicht mehrere Synchronisationsnachrichten eines Netzknotens zu einem Ungleichgewicht bei der Mittelwertbildung führen. Ist in einem Netzwerk lediglich eine Synchronisationsnachricht pro Netzknoten im Kommunikationszeitplan zulässig, so kann darauf verzichtet werden, dass aus der Synchronisationsnachricht der zugehörige Referenz-Netzknoten ermittelt werden kann.

Das Verfahren ist ebenfalls realisierbar, wenn die Merkmale der Positionsnachrichten und der Synchronisationsnachrichten nicht in einer Nachricht vereint sind, sondern diese Nachrichten getrennt im Kommunikationszeitplan eingetragen sind. Von einem Netzknoten im zweiten Pfad müssen dann immer beide Nachrichten innerhalb eines Kommunikationszyklus gesendet werden und die Netzknoten im ersten Pfad bzw. im zweiten Pfad müssen immer beide Nachrichten und deren Informationsgehalt in den Phasen der Blöcke 9 und 15 berücksichtigen. Eine Positionsnachricht innerhalb eines Zeitintervalls der Phasen der Blöcke 9 oder 15 ohne die zugehörige Synchronisationsnachricht (und andersherum) kann damit nicht zur Auswertung herangezogen werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten,  
die vor der Einbindung als aktiver Netzknoten jeweils zur Anpassung ihres lokalen Kommunikationszeitplans zu den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines anderen Netzknoten vorgesehen sind, wobei  
ein einzubindender Netzknoten zur Prüfung von Aktivität anderer Netzknoten und bei Feststellung keiner Aktivität als Referenz-Netzknoten fest zur Sendung in seinem Kommunikationszeitplan vorgegebene Positionsnachrichten für andere Netzknoten vorgesehen ist und  
ein Netzknoten zur Einbindung als aktiver Netzknoten nach Erhalt von Positionsnachrichten zur Anpassung seines lokalen Kommunikationszeitplans an den des Referenz-Netzknotens und bei Abschluss einer positiven Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten vorgesehen ist.

2. Netzwerk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Netzknoten bei der Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten zur Zählung der Übereinstimmungen und der Abweichungen vorgesehen ist und

dass der Netzknoten nur dann zur Einbindung als aktiver Netzknoten vorgesehen ist, wenn die Zahl der Übereinstimmungen größer als die Zahl der Abweichungen ist oder keine Abweichung vorliegt.

3. Netzwerk nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Netzknoten für die Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten zur Verwendung eines Zeitintervalls vorgesehen ist, in dem wenigstens einmal alle Positionsnachrichten der anderen an der Kommunikation beteiligten Netzknoten aussendbar sind.

4. Netzwerk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass nach Detektion von keiner Aktivität ein einzubindender Netzknoten zur Prüfung vorgesehen ist, ob ein weiterer Netzknoten sich als Referenz-Netzknoten einbinden möchte.

5. Netzwerk nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass nach Detektion von keiner Aktivität ein einzubindender Netzknoten zur Aussendung einer Kollisionsnachricht vorgesehen ist.

6. Netzwerk nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Netzknoten bei der Prüfung auf Einbindung als Referenz-Netzknoten

- zuerst zur Aussendung seiner eigenen Positionsnachricht,
- zur Zählung von eintreffenden Positionsnachrichten und
- nur dann zur Einbindung als Referenz-Netzknoten vorgesehen ist, wenn die Zahl der korrekt empfangenen Positionsnachrichten größer als die Zahl der nicht korrekt empfangenen Positionsnachrichten ist oder alle Positionsnachrichten korrekt empfangen werden.

7. Netzknoten in einem Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren

weiteren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten,  
der vor der Einbindung als aktiver Netzknoten jeweils zur Anpassung seines lokalen Kommunikationszeitplans zu den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines anderen Netzknoten vorgesehen sind, wobei  
der Netzknoten zur Prüfung von Aktivität anderer Netzknoten und bei Feststellung keiner Aktivität als Referenz-Netzknoten fest zur Sendung in seinem Kommunikationszeitplan vorgegebene Positionsnachrichten für andere Netzknoten vorgesehen ist und  
der Netzknoten zur Einbindung als aktiver Netzknoten nach Erhalt von Positionsnachrichten zur Anpassung seines lokalen Kommunikationszeitplans an den des Referenz-Netzknotens und bei Abschluss einer positiven Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten vorgesehen ist.

8. Verfahren zur Einbindung eines Netzknotens als aktiver Netzknoten in einem Netzwerk mit einem Verbindungs-Netzwerk und mehreren weiteren mit dem Verbindungs-Netzwerk gekoppelten Netzknoten,  
bei dem der Netzknoten vor der Einbindung als aktiver Netzknoten jeweils seinen lokalen Kommunikationszeitplan zu den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines anderen Netzknoten anpasst,  
bei dem der Netzknoten Aktivitäten anderer Netzknoten prüft und bei Feststellung keiner Aktivität als Referenz-Netzknoten in seinem Kommunikationszeitplan vorgegebene Positionsnachrichten für andere Netzknoten ausendet und  
bei dem der Netzknoten als aktiver Netzknoten eingebunden wird, wenn er nach Erhalt von Positionsnachrichten seinen lokalen Kommunikationszeitplan an den des Referenz-Netzknotens angepasst und die Prüfung auf Übereinstimmung seines eigenen Kommunikationszeitplans mit den Kommunikationszeitplänen wenigstens eines Teils der aktiven Netzknoten positiv abgeschlossen hat.

1/4

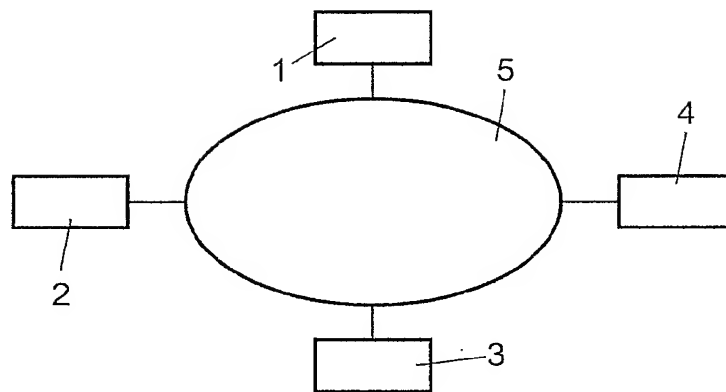


FIG. 1

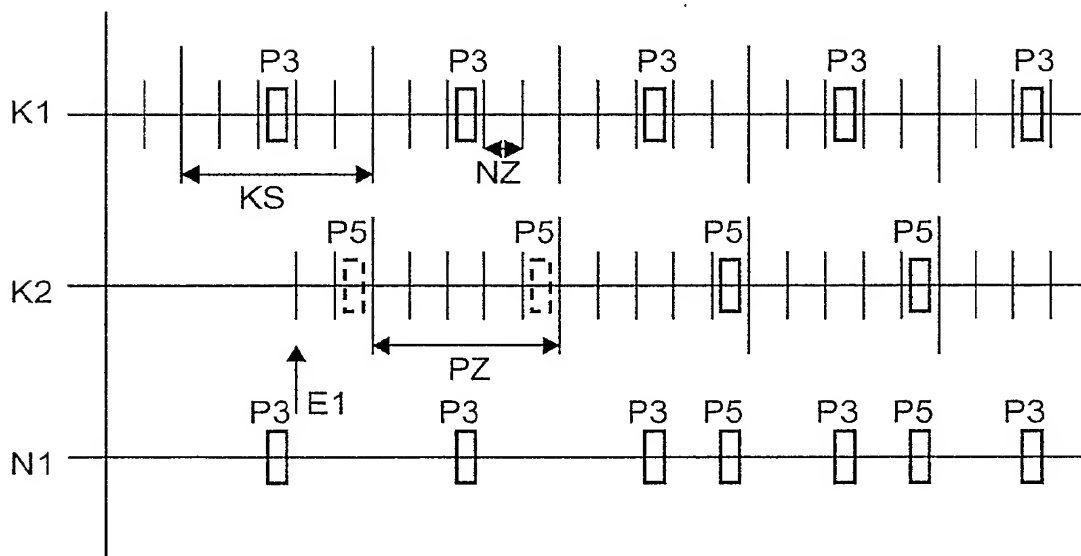


FIG. 3

2/4

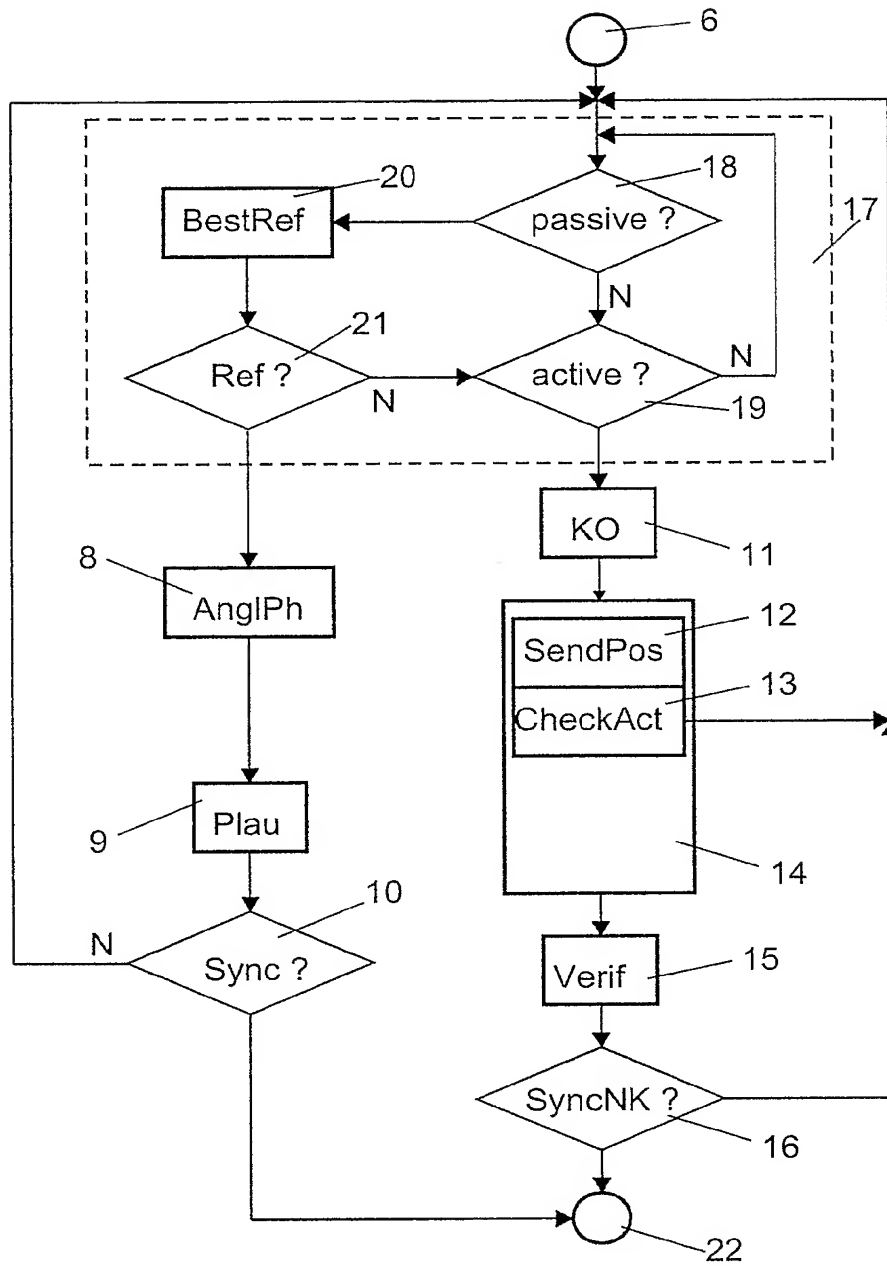


FIG. 2

3/4

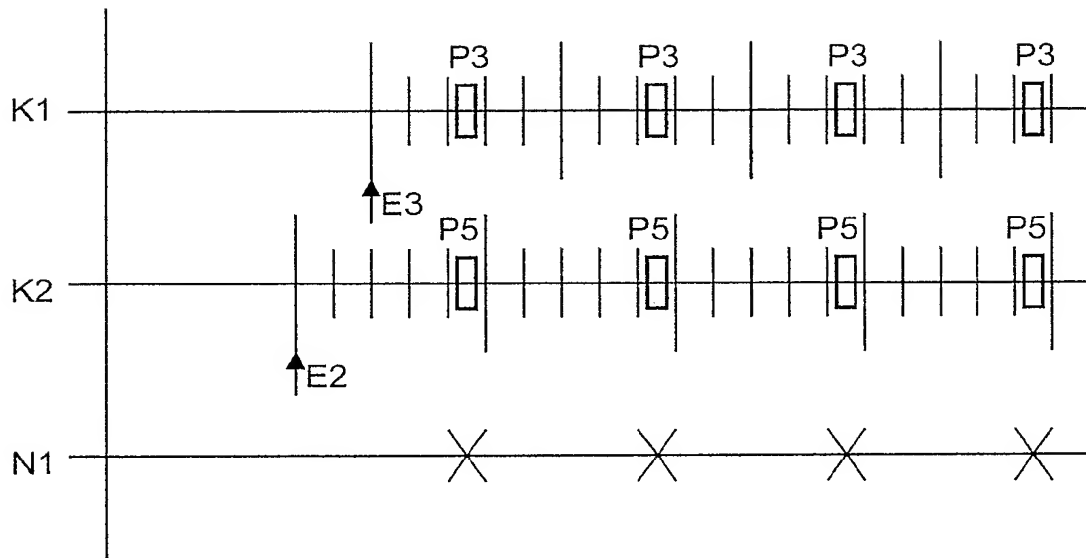


FIG. 4

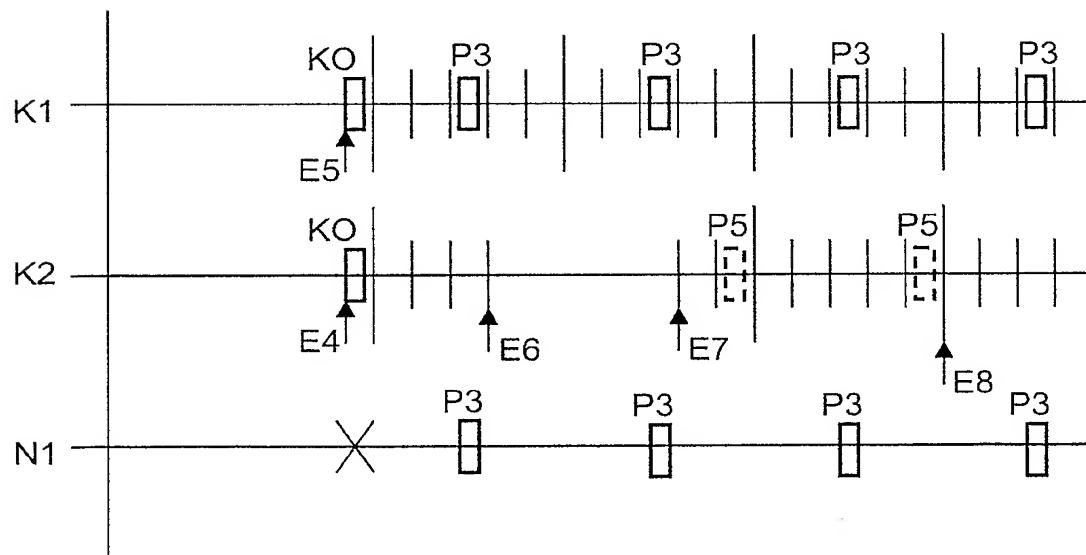


FIG. 5



4/4

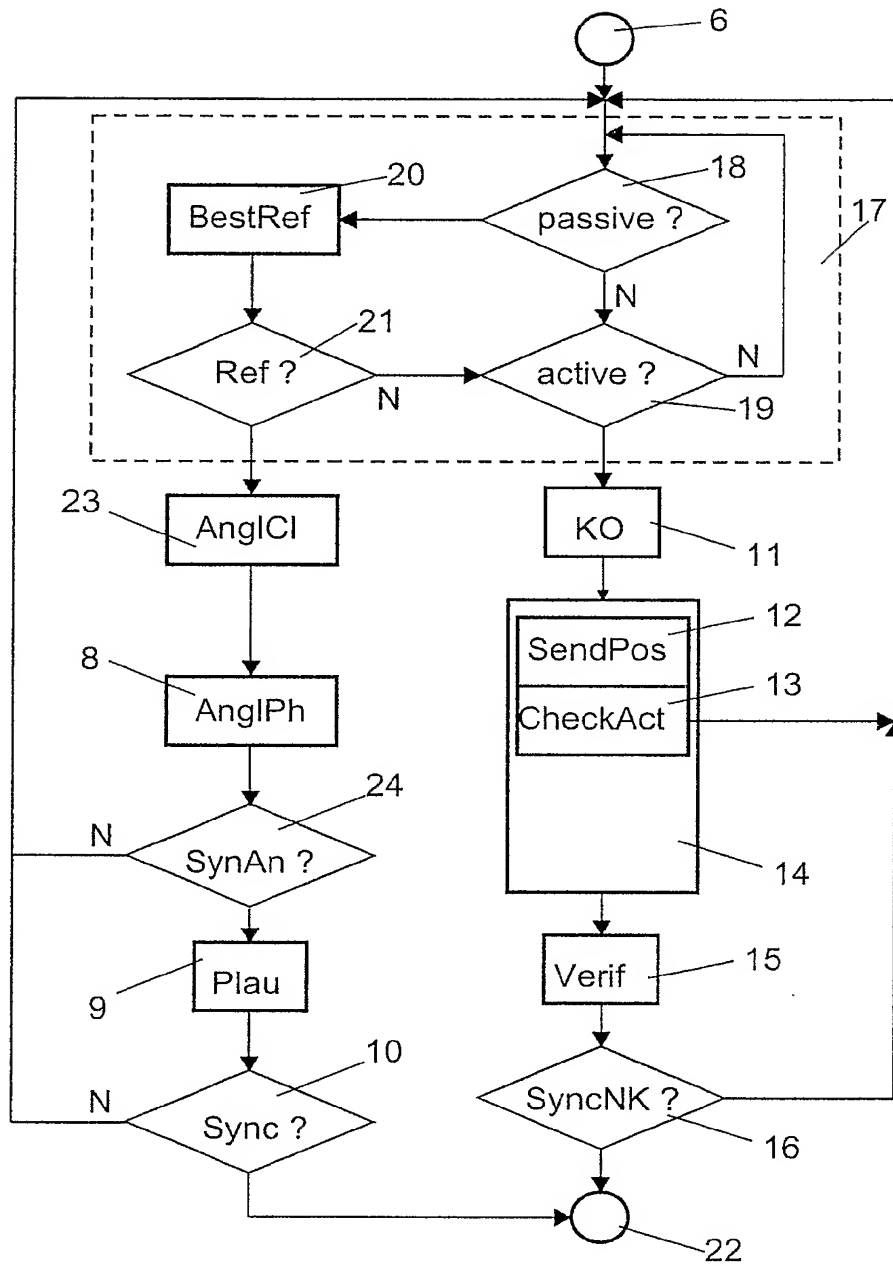


FIG. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/03506

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04L12/413

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 747 100 A (ROACH J MONTE ET AL) 24 May 1988 (1988-05-24) column 5, line 39 -column 8, line 24 ----	1,7,8
A	US 4 628 311 A (MILLING PHILIP E) 9 December 1986 (1986-12-09) column 2, line 51 -column 3, line 6 -----	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August 2003

Date of mailing of the international search report

28/08/2003

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gregori, S

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/03506

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 4747100	A	24-05-1988	CA	1279406 C	22-01-1991
			DE	3750647 D1	17-11-1994
			DE	3750647 T2	11-05-1995
			EP	0256463 A2	24-02-1988
			JP	63046839 A	27-02-1988
<hr/>					
US 4628311	A	09-12-1986	CA	1225714 A1	18-08-1987
			DE	3480637 D1	04-01-1990
			EP	0140077 A2	08-05-1985
			JP	1722905 C	24-12-1992
			JP	4011057 B	27-02-1992
			JP	60097752 A	31-05-1985
<hr/>					

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/03506

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H04L12/413

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der In Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 747 100 A (ROACH J MONTE ET AL) 24. Mai 1988 (1988-05-24) Spalte 5, Zeile 39 -Spalte 8, Zeile 24 ----	1,7,8
A	US 4 628 311 A (MILLING PHILIP E) 9. Dezember 1986 (1986-12-09) Spalte 2, Zeile 51 -Spalte 3, Zeile 6 -----	1-8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*I\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. August 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/08/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gregori, S

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/03506

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4747100	A	24-05-1988	CA 1279406 C 22-01-1991
			DE 3750647 D1 17-11-1994
			DE 3750647 T2 11-05-1995
			EP 0256463 A2 24-02-1988
			JP 63046839 A 27-02-1988
US 4628311	A	09-12-1986	CA 1225714 A1 18-08-1987
			DE 3480637 D1 04-01-1990
			EP 0140077 A2 08-05-1985
			JP 1722905 C 24-12-1992
			JP 4011057 B 27-02-1992
			JP 60097752 A 31-05-1985